



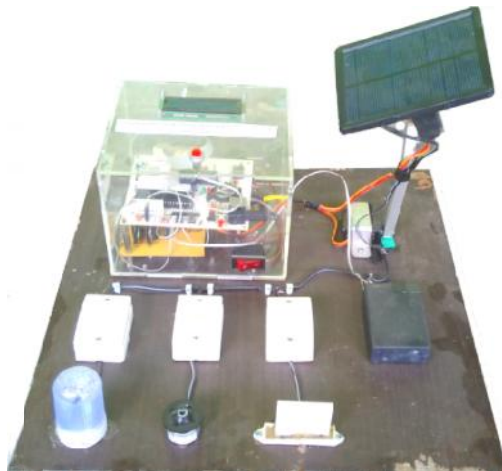
Sistem Kendali Penjejak Matahari Berbasis RTC (*Real Time Clock*)

dengan 2 DOF (*Degree of Freedom*) pada Panel Surya

Diajukan Kepada Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta

Untuk Memenuhi Sebagian Persyaratan

Guna Memperoleh Gelar Ahli Madya



Disusun oleh :

Moh. Ainun Hanafi

11506134028

JURUSAN PENDIDIKAN TEKNIK ELEKTRO

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA

2015

LEMBAR PERSETUJUAN

PROYEK AKHIR

Sistem Kendali Penjejak Matahari Berbasis RTC (*Real Time Clock*)

dengan 2 DOF (*Degree of Freedom*) pada Panel Surya

Disusun oleh :

Moh. Ainun Hanafi

11506134028



Telah diperiksa dan disetujui oleh pembimbing untuk diuji

Yogyakarta, 8 Juli 2015

Dosen Pembimbing,

Moh. Khairudin, MT, Ph.D
NIP.19790412 200212 1 002

PENGESAHAN

Proyek akhir yang berjudul “Sistem Kendali Penjejak Matahari Berbasis RTC (*Real Time Clock*) dengan 2 DOF pada Panel Surya” ini telah dipertahankan di depan dewan penguji pada tanggal 14 Agustus 2015

DEWAN PENGUJI

Nama	Jabatan	Tanda Tangan	Tanggal
Moh. Khairudin, MT, Ph.D	Ketua Penguji		25/8-2015
Drs. Sukir, MT	Sekretaris Penguji		17-9-2015
Herlambang SP, ST. M.Cs	Penguji Utama		20-9-2015

Yogyakarta, 24 Agustus 2015

Dekan Fakultas Teknik UNY



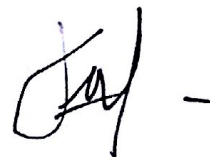
Dr. Moch. Bruri Triyono
NIP. 19560216 198603 1 003

SURAT PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa proyek akhir ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar Ahli Madya atau gelar lainnya di suatu Perguruan Tinggi, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis oleh orah lain, kecuali secara tertulis yang diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka. Pembuatan proyek akhir ini dibawah bimbingan Moh. Khairudin, MT, Ph.D.

Yogyakarta, 8 Juli 2015

Yang Menyatakan,



Moh. Ainun Hanafi
NIM. 11506134028

ABSTRAK

Sistem Kendali Penjejak Matahari Berbasis RTC (*Real Time Clock*) dengan 2 DOF (*Degree of Freedom*) pada Panel Surya

Oleh :

Moh. Ainun Hanafi

NIM : 11506134028

Tujuan pembuatan proyek akhir ini adalah membuat sistem kendali penjejak matahari untuk menggerakkan panel surya yang dapat mengikuti arah pergerakan matahari, sehingga energi listrik yang dihasilkan dapat maksimal. Penjejak matahari ini bergerak dengan dua derajat kebebasan (2 DOF) yaitu gerakan timur ke barat untuk menjejak gerak harian matahari dan gerakan utara ke selatan atau sebaliknya untuk menjejak gerak semu tahunan matahari.

Metode yang digunakan dalam proyek akhir ini adalah dengan metode rancang bangun yang terdiri dari beberapa tahapan, yaitu: (1) Identifikasi kebutuhan, (2) Analisis kebutuhan, (3) Perancangan perangkat keras dan perangkat lunak, (4) Pembuatan alat dan (5) Pengujian alat. Alat ini terdiri dari: (1) RTC (*Real Time Clock*) sebagai penyimpan waktu dan tanggal, (2) ATmega 16 sebagai unit kontrol yang memproses data dari RTC dan menghasilkan PWM (*Pulse width Modulation*) (3) Motor servo sebagai aktuator serta (4) LCD (*Liquid Crystal Display*) sebagai penampil data.

Berdasarkan hasil pengujian dapat disimpulkan bahwa penjejak matahari bekerja sesuai yang perancangan. Sistem kendali penjejak matahari ini mampu menaikkan tegangan rata-rata keluaran panel surya sebesar 12,11 % dan kesalahan pelacakan pada gerakan timur ke barat sebesar $1,10^\circ$ dan gerakan utara ke selatan sebesar $2,5^\circ$.

Kata Kunci : mikrokontroler, panel surya, penjejak, RTC

ABSTRACT

Solar Tracker Control System Based RTC (Real Time Clock) with 2 DOF (Degree of Freedom) on Solar Panel

Moh. Ainun Hanafi

NIM : 11506134028

The purpose of making this final project is to make solar tracking control system to move the solar panels to follow the direction of movement of the sun, so that the electrical energy produced can be maximized. This solar tracker moves with two degrees of freedom (2 DOF) is the movement east to west to track the daily movement of the sun and move north to south or vice versa to track the apparent motion of the sun yearly.

The method used in this final project is the method of design that consists of several stages, namely: (1) Identify the needs, (2) Analysis of needs, (3) The design of hardware and software, (4) production of tools and (5) Testing tools. This device consists of: (1) RTC (Real Time Clock) as the storage time and date, (2) ATmega 16 as a control unit which processes the data from the RTC and generate PWM (Pulse width Modulation) (3) Motor servo actuators as well (4) LCD (Liquid Crystal Display) as a data viewer.

Based on the test results it can be concluded that the solar tracking works according to the design. Sun tracking control system is able to raise the average voltage output of the solar panels of 12.11% and a tracking error on the east-west movement of 1.10 ° and north-south movement of 2.5 °.

Keywords: microcontroller, solar panels, tracking, RTC

MOTTO

“Sesuatu yang belum dikerjakan, seringkali tampak mustahil; kita baru yakin kalau kita telah berhasil melakukannya dengan baik.” (Evelyn Underhill)

“ Hari esok harus lebih baik dari hari ini “

“ Kegagalan adalah Cambuk untuk mencapai keberhasilan”

PERSEMBAHAN

Dengan penuh rasa syukur kepada Allah SWT,

Karya ini kupersembahkan kepada :

- Kedua Orangtuaku yang selalu memberikan semangat, dukungan , dan doa.
- Untuk keluarga besarku yang selalu memberi dukungan.
- Sahabat-sahabatku kelas B dan C angkatan 2011 yang telah memberikan kritik dan saran yang sangat membantu.
- Perpustakaan Universitas Negeri Yogyakarta untuk kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi.

Jazakumullah khairan katshiran, semoga Allah SWT memberikan kalian semua kebaikan

KATA PENGANTAR



Assalamualaikum Wr.Wb,

Alhamdulillah robil ‘alamin, segala puji syukur kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya, sehingga saya dapat menyelesaikan tugas akhir ini. Sholawat serta salam senantiasa kita panjatkan kepada junjungan kita Nabi Muhammad SAW, keluarga, sahabat,serta pengikutnya hingga akhir zaman.

Dengan penuh rasa syukur, akhirnya laporan tugas akhir yang berjudul “Sistem Kendali Penjejak Matahari Berbasis RTC (*Real Time Clock*) dengan 2 DOF (*Degree of Freedom*) pada Panel Surya” dapat terselesaikan. Semoga dapat memberikan manfaat bagi semua pihak. Saya menyadari bahwa dalam pelaksanaan dan penulisan laporan tugas akhir ini jauh dari yang diharapkan dan kata sempurna serta mungkin tanpa bantuan dan arahan dari beberapa pihak laporan ini tidak akan selesai. Oleh karena itu,di kesempatan ini Saya menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada pihak-pihak yang telah ikut membantu dan membimbing saya selama melakukan praktik industri sampai selesainya laporan ini:

1. Dr. Rochmat Wahab, M. Pd. M. A selaku Rektor Universitas Negeri Yogyakarta.
2. Dr. Moch Bruri Triyono selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta.

3. K. Ima Ismara, M.Pd, M.Kes selaku Ketua Jurusan Pendidikan Teknik Elektro Universitas Negeri Yogyakarta.
4. Rustam Asnawi, Ph.D, selaku Ketua Program Studi Teknik Elektro D3 Universitas Negeri Yogyakarta.
5. Moh. Khairudin, MT, Ph.D selaku dosen pembimbing tugas akhir.
6. Bapak/ibu dosen, teknisi, dan karyawan Jurusan Pendidikan Teknik Elektro.
7. Teman-teman Jurusan Teknik Elektro kelas B angkatan 2011. Terimakasih atas semua bantuan dan dukungannya.
8. Semua pihak yang telah ikut membantu saya sampai terselesaikannya laporan ini.

Saya telah berusaha semaksimal mungkin menyusun laporan proyek akhir ini agar selesai dengan baik dan mendekati kata sempurna, tetapi bagaimanapun juga laporan ini masih banyak kekurangannya. Untuk itu Saya mengharapkan kritik dan saran yang membangun dari para pembaca.

Semoga laporan praktik proyek akhir ini bermanfaat bagi kita semua, khususnya bagi adik-adik angkatan saya yang akan mengerjakan proyek akhir di tahun yang akan datang. Dan apabila banyak kesalahan yang kurang berkenan di hati para pembaca, saya selaku penyusun memohon maaf.

Wasalamu'alaikum Wr.Wb.

Yogyakarta, 8 Juli 2015



Moh. Ainun Hanafi
NIM. 11506134028

DAFTAR ISI

	HALAMAN
HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PERSETUJUAN.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN	iv
ABSTRAK	v
HALAMAN MOTTO	vii
HALAMAN PERSEMBAHAN	viii
KATA PENGANTAR	ix
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR TABEL.....	xvi
BAB I PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang Masalah.....	1
B. Identifikasi Masalah	3
C. Batasan Masalah	3
D. Rumusan Masalah	4
E. Tujuan	4
F. Manfaat	4
G. Keaslian Gagasan	5

BAB II PENDEKATAN PEMECAHAN MASALAH..	6
A. Mikrokontroler ATmega 16	7
1. Arsitektur Mikrokontroler <i>AVR RSIC</i>	7
2. Blok Diagram ATmega 16	9
3. Konfigurasi Pin ATmega 16	10
4. Fitur Mikrokontroler ATmega 16	12
5. Peta Memori AVR ATmega 16	14
6. Timer/Counter	15
7. EEPROM	20
8. Interupsi	20
9. Tunda	23
B. Sel Surya	24
C. Bumi terhadap Matahari	27
D. LCD (<i>Liquid Crystal Display</i>)	29
E. Motor Servo	31
F. Catu Daya	33
G. RTC (<i>Real Time Clock</i>)	35
H. Motor DC	37
I. Baterai Asam Timbal (<i>Lead Acid</i>)	39
J. Diagram Alir (<i>Flowchart</i>)	41

BAB III KONSEP PERANCANGAN ALAT	42
A. Identifikasi Kebutuhan	42
B. Analisis Kebutuhan	42
C. Diagram Rancangan	43
D. Perancangan Perangkat	44
1. Rancangan Mekanik	44
2. Rancangan Elektronik	44
E. Langkah Pembuatan Alat	49
F. Rancangan Perangkat Lunak (<i>Software</i>)	51
G. Rencana Pengujian	52
 BAB IV HASIL PENGUJIAN DAN PEMBAHASAAN	 57
A. Pengujian Alat	77
B. Pembahasan Perangkat Keras	84
C. Pembahasan Perangkat Lunak	85
 BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN	 66
A. Kesimpulan	66
B. Keterbatasan Alat	67
C. Saran	67

DAFTAR GAMBAR

	HALAMAN
Gambar 1. Arsitektur Mikrokontroler <i>AVR RISC</i>	8
Gambar 2. Blok Diagram Atmega 16	9
Gambar 3. Konfigurasi Atmega 16	10
Gambar 4. Simbol Sel Surya	24
Gambar 5. Rangkaian Ekuivalen Sel Surya	25
Gambar 6. Efek Photovoltaic Mengkonversi Foton Ke Voltase	25
Gambar 7. Kontruksi Dasar Sel surya	26
Gambar 8. Beberapa Sel Menjadi Modul dan Beberapa Modul	27
Gambar 9. Garis bujur pergerakan matahari setiap jam	28
Gambar 10. Gerak semu matahari	29
Gambar 11. LCD 16x2	30
Gambar 12. Pengkabelan motor servo	32
Gambar 13. Hubungan antara lebar pulsa PWM dengan arah putaran	33
Gambar 14. IC Regulator Tegangan Tetap seri 78xx	35
Gambar 15. Pin IC DS1307	36
Gambar 16. Kaidah Tangan Kanan	37
Gambar 17. Kontruksi Sederhana Motor DC	38
Gambar 18. Baterai Asam Timbal	40
Gambar 19. Diagram Rancangan Alat Penjejak Matahari pada Panel Surya ..	43

Gambar 20. Skematik Catu Daya	45
Gambar 21. Skematik Sistem Minimum	47
Gambar 22. Rangkaian RTC ds1307	48
Gambar 23. Desain Box	51
Gambar 24. Diagram Alur	52
Gambar 25. Diagram Garis Tegangan Keluaran	65

DAFTAR TABEL

	HALAMAN
Tabel 1. Kombinasi Register TCCRn	16
Tabel 2. Sumber Interupsi pada AVR ATmega 16	21
Tabel 3. Konfigurasi Register MCUCR	22
Tabel 4. Konfigurasi <i>Bit ISC01</i> dan <i>ISC00</i>	22
Tabel 5. Konfigurasi <i>Bit ISC11</i> dan <i>ISC10</i>	22
Tabel 6. Konfigurasi Register <i>GICR</i>	23
Tabel 7. Konfigurasi PIN LCD	30
Tabel 8. Simbol Diagram Alir	41
Tabel 9. Rencana Pengujian Catu Daya 5 Volt	54
Tabel 10. Rencana Pengujian Ketepatan Derajat Putar Posisi <i>Altitude</i>	55
Tabel 11. Rencana Pengujian Ketepatan Derajat Putar Posisi <i>Azimuth</i>	56
Tabel 12. Rencana Pengujian Beban Listrik	56
Tabel 13. Rencana Pengujian Tegangan Keluaran Panel Surya	57
Tabel 14. Hasil Pengujian Catu Daya 5 Volt	59
Tabel 15. Hasil Pengujian Ketepatan Derajat Putar Posisi <i>Altitude</i>	60
Tabel 16. Hasil Pengujian Ketepatan Derajat Putar Posisi <i>Azimuth</i>	61
Tabel 17. Hasil Pengujian Beban Listrik	62
Tabel 18. Hasil Tegangan Keluaran Panel Surya	62

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Energi listrik merupakan energi yang kita gunakan untuk kepentingan sehari-hari. Semua alat elektronik yang kita gunakan membutuhkan energi listrik untuk bekerja. Energi listrik di Indonesia semakin hari semakin menipis, hal ini dikarenakan konsumsi energi listrik semakin tinggi tanpa dibarengi pertumbuhan pasokan listrik yang memadai. Untuk itu masyarakat diminta melakukan penghematan listrik pada pukul 17.00 – 22.00. Pada waktu tersebut merupakan waktu dari puncak beban karena banyaknya masyarakat yang menggunakan listrik.

Pemenuhan kebutuhan tenaga listrik di Indonesia mayoritas masih disuplai dari pembangkit tenaga listrik berbahan bakar fosil seperti PLTU Paiton yang menggunakan bahan bakar batu bara. PLTU yang menjadi sentral pembangkit listrik untuk Jawa - Bali tersebut mutlak bergantung pada batu bara. Dengan demikian, konsumsi energi batubara dan minyak bumi untuk jangka panjang bukan hal yang relevan. Solusi bagi krisis energi listrik dan bahan baku fosil seperti tersebut di atas adalah adanya sumber energi alternatif. Sumber energi alternatif tersebut harus bisa menjadi bahan bakar substitusi yang ramah lingkungan, efektif dan efisien. Salah satunya pemanfaatan energi surya.

Indonesia terletak digaris khatulistiwa yaitu 6° LU - 116° LS sehingga sangat cocok dalam pemanfaatan energi surya. Indonesia menerima energi surya yang radiasi energi harian rata-rata per satuan luas per satuan waktu sebesar kira-kira $4,8 \text{ kilowatt/m}^2$. Dalam pemanfaatan energi surya, perlu dikembangkan suatu teknologi yang mampu mengubah energi matahari menjadi energi yang diinginkan yakni energi listrik. Teknologi ini dikenal dengan istilah sel surya atau dalam dunia internasional lebih dikenal dengan *solar cell* atau *photovoltaic*.

Panel surya merupakan salah satu sumber energi listrik terbarukan yang dalam pengoperasiannya sangat bersih, sedikit perawatan dan tanpa emisi. Kendala utama dari panel surya adalah daya keluaran yang berubah tergantung besar kecil radiasi matahari.

Karena alasan di atas penulis ingin membuat sistem penjejak matahari yang diaplikasikan pada panel surya. Dengan alat ini panel surya dihadapkan tegak lurus terhadap matahari, sehingga panel surya akan digerakkan setiap waktu tergantung dari posisi matahari terhadap tempat panel surya berada. Penggunaan sistem ini meningkatkan level iluminasi matahari sehingga daya keluaran panel surya akan maksimal.

B. Identifikasi Masalah

Berdasarkan Latar Belakang diatas, dapat diidentifikasi beberapa permasalahan, antara lain :

1. Menipisnya energi listrik Indonesia.
2. Lambatnya pertumbuhan pasokan listrik di Indonesia.
3. Masih sedikit pembangkit listrik di Indonesia yang menggunakan energi terbarukan.
4. Kurangnya pemanfaatan energi surya dalam pembangkit listrik.
5. Belum optimal penyerapan energi surya pada pembangkit listrik tenaga surya.
6. Panel surya pada PLTS belum dilengkapi penjejak matahari sehingga energi surya terbuang percuma.

C. Batasan Masalah

Karena keterbatasan penulis, maka proyek akhir ini hanya terbatas pada hal-hal sebagai berikut :

1. Perancangan perangkat keras penjejak matahari terdiri dari 2 DOF (*Degree of Freedom*), yaitu arah timur ke barat dan utara ke selatan.
2. Menginvestigasi kinerja untuk menjejak matahari memanfaatkan komponen RTC (*Real Time Clock*).

D. Rumusan Masalah

Berdasarkan berbagai hal yang dikemukakan diatas, maka dapat dirumuskan masalah yang akan dikaji dalam tugas akhir ini adalah :

1. Bagaimana rancang bangun alat penjejak matahari berbasis RTC (*Real Time Clock*) dengan gerakan 2 DOF (*Degree of Freedom*)?
2. Bagaimana unjuk kerja alat penjejak matahari berbasis RTC (*Real Time Clock*) dengan 2 DOF (*Degree of Freedom*)?
3. Bagaimana tingkat kesalahan putaran alat penjejak matahari berbasis RTC (*Real Time Clock*) dengan 2 DOF (*Degree of Freedom*)?
4. Bagaimana tegangan keluaran panel surya yang dilengkapi penjejak matahari dibandingkan panel surya dalam keadaan diam?

E. Tujuan

Adapun tujuan dari tugas akhir ini adalah :

1. Merancang dan membuat alat penjejak matahari berbasis RTC (*Real Time Clock*) dengan gerakan 2 DOF (*Degree of Freedom*).
2. Mengetahui unjuk kerja alat penjejak matahari berbasis RTC (*Real Time Clock*) dengan gerakan 2 DOF (*Degree of Freedom*).
3. Mengetahui tingkat kesalahan putaran alat penjejak matahari berbasis RTC (*Real Time Clock*) dengan 2 DOF (*Degree of Freedom*).
4. Mengetahui tegangan keluaran panel surya yang dilengkapi penjejak matahari dibandingkan panel surya dalam keadaan diam.

F. Manfaat

Pembuatan proyek akhir ini diharapkan dapat memberikan banyak manfaat bagi semua pihak, antara lain :

1. Bagi Mahasiswa :
 - a. Mahasiswa dapat mengasah kemampuan dan menciptakan inovasi baru.
 - b. Mahasiswa dapat mengaplikasikan ilmu yang diperoleh dalam perkuliahan.
 - c. Mahasiswa dapat mengasah keterampilan diri.
 - d. Mahasiswa dapat menganalisis masalah dan mencari solusi.
2. Bagi Institusi pendidikan :
 - a. Alat ini dapat dijadikan modul pembelajaran.
 - b. Alat ini dapat dijadikan perangkat praktik penunjang dalam kendali otomatis.
3. Bagi Pembangkit Tenaga Listrik :
 - a. Meningkatkan energi listrik yang dihasilkan oleh PLTS.
 - b. Mengoptimalkan penyerapan energi surya pada PLTS.

G. Keaslian Gagasan

Penyusunan proyek akhir ini dengan judul “ Penjejak Matahari Berbasis RTC (*Real Time Clock*) dengan 2 DOF (*Degree of Freedom*) pada Panel Surya ”, adalah asli dari penulis dan berdasarkan referensi dari internet serta dosen pembimbing.

BAB II

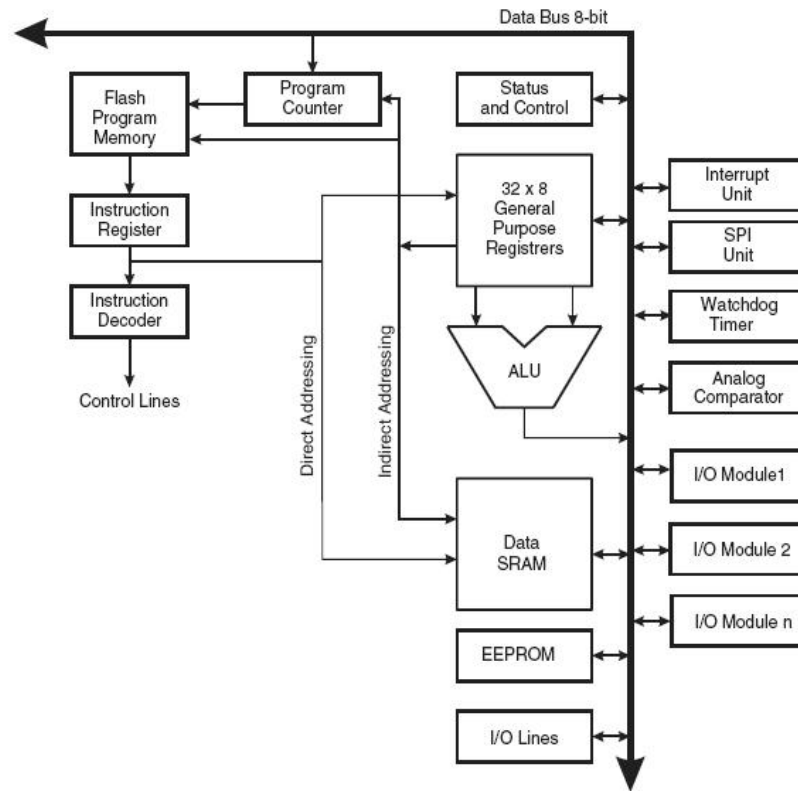
PENDEKATAN PEMECAHAN MASALAH

A. Mikrokontroller Atmega 16

Mikrokontroller AVR ATmega16 adalah salah satu jenis mikrokontroller yang sangat populer digunakan saat ini. AVR adalah mikrokontroller *RISC (Reduce Instruction Set Compute)* 8 bit berdasarkan arsitektur Harvard, yang dibuat oleh Atmel pada tahun 1996. AVR mempunyai kepanjangan *Advanced Versatile RISC* atau *Alf and Vegard's Risc processor* yang berasal dari nama dua mahasiswa Norwegian Institute of Technology (NTH), yaitu Alf-Egil Bogen dan Vegard Wollen. AVR memiliki keunggulan dibandingkan dengan mikrokontroller lain, keunggulan mikrokontroller AVR yaitu AVR memiliki kecepatan eksekusi program yang lebih cepat karena sebagian instruksi dieksekusi dalam satu siklus *clock*, lebih cepat dibandingkan dengan mikrokontroller MCS51 yang memiliki arsitektur *CISC (Complex Instruction Set Compute)* dimana mikrokontroller MCS51 membutuhkan 12 siklus *clock* untuk mengeksekusi 1 instruksi. Selain itu, mikrokontroller AVR memiliki fitur yang lengkap (*ADC Internal, EEPROM Internal, Timer/ Counter, Watchdog Timer, PWM, Port I/O*, komunikasi serial, komparator, *I2C*, dan lain-lain), sehingga dengan fasilitas yang lengkap ini, *programmer* dan desainer dapat menggunakannya untuk berbagai aplikasi sistem elektronika seperti robot, otomasi industri, peralatan telekomunikasi, dan berbagai keperluan lain.

Secara umum mikrokontroller AVR dapat dikelompokkan menjadi 3 kelompok, yaitu keluarga AT90Sxx, ATmega, dan ATtiny. Pemrograman Mikrokontroler AVR dapat menggunakan *low level language (assembly)* dan *high level language* (C, Basic, Pascal, JAVA, dll) tergantung *compiler* yang digunakan. Bahasa assembler mikrokontroller AVR memiliki kesamaan instruksi, sehingga jika pemrograman satu jenis mikrokontroller AVR sudah dikuasai, maka akan dengan mudah menguasai pemrograman keseluruhan mikrokontroller jenis AVR, namun bahasa assembler relatif lebih sulit dipelajari dari pada bahasa C, untuk pembuatan suatu proyek yang besar akan memakan waktu yang lama, serta penulisan programnya akan panjang. Sedangkan bahasa C memiliki keunggulan dibandingkan dengan bahasa assembler yaitu *independent* terhadap *hardware* serta lebih mudah untuk menangani proyek yang besar. Bahasa C memiliki keuntungan-keuntungan yang dimiliki bahasa mesin (*assembly*), hampir semua operasi yang dapat dilakukan oleh bahasa mesin, dapat dilakukan oleh bahasa C dengan penyusunan program yang lebih sederhana dan mudah. Bahasa C sendiri sebenarnya terletak di antara bahasa pemrograman tingkat tinggi dan *assembly* (Heri Andrianto, 2008: 3).

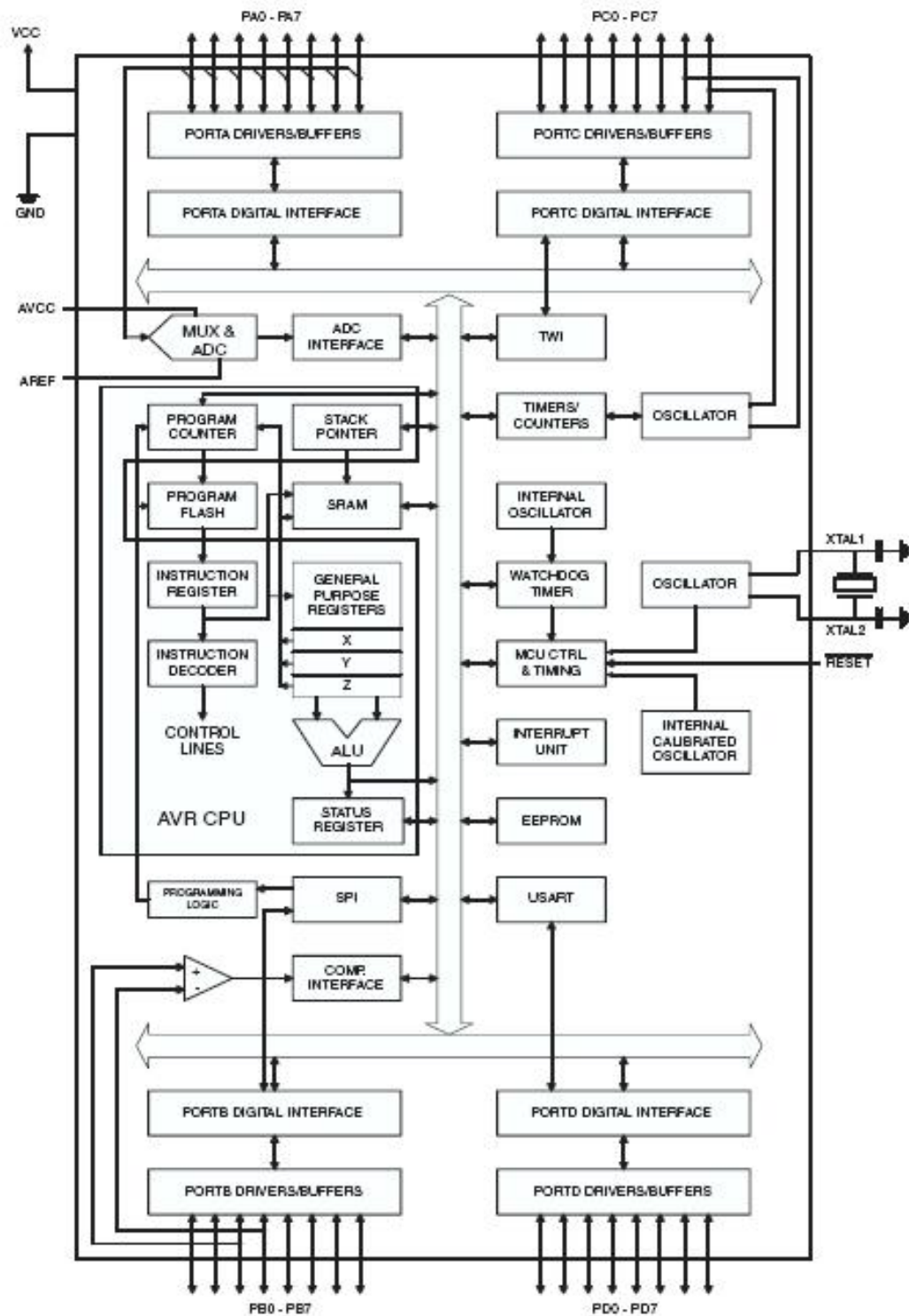
1. Arsitektur Mikrokontroler *AVR RISC*



Gambar 1. Arsitektur Mikrokontroler *AVR RISC*.

(Sumber: www.alldatasheet.com)

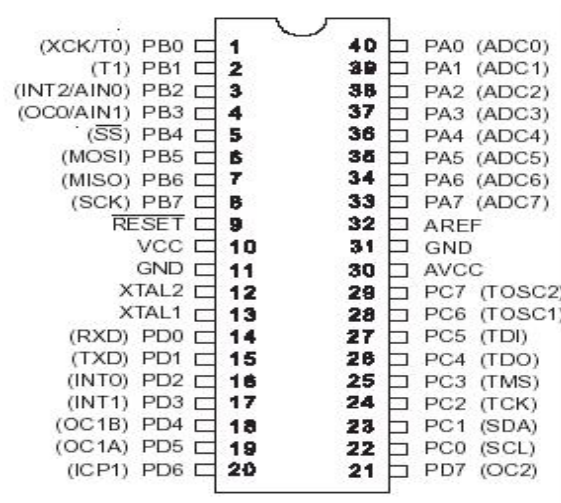
2. Blok Diagram AVR ATmega16



Gambar 2. Blok Diagram AT MEGA 16

(Sumber: www.alldatasheet.com)

3. Konfigurasi PIN AT MEGA 16



Gambar 3. Konfigurasi ATmega16

(Sumber: www.alldatasheet.com)

- a. Pin 1 - 8 PORTB, merupakan Port I/O 8 bit dua arah dengan resistor pull-up internal. Selain sebagai Port I/O 8 bit Port B juga dapat difungsikan secara individu sebagai berikut :
 - 1) PB7 : SCK (SPI Serial Clock)
 - 2) PB6 : MISO (SPI Bus Master Input /Slave Output)
 - 3) PB5 : MOSI (SPI Bus Master Output /Slave Input)
 - 4) PB4 : SS (SPI Slave Select Input)
 - 5) PB3 : AIN1 (Analog Comparator Negatif Input) OC0 (Output Compare Timer/Counter)
 - 6) PB2 : AIN0 (Analog Comparator Positif Input) INT2 (External Interrupt 2 Input)
 - 7) PB1 : T1 (Timer/Counter 1 External Counter Input)

8) PB0 : T0 (Timer/Counter 0 external Counter Input)

b. PIN 9 RESET, merupakan pin reset yang akan bekerja bila diberi pulsa rendah (aktif low) selama minimal 1,5 us.

c. PIN 10 VCC, Catu Daya Digital

d. PIN 11 GND, Ground untuk catu daya digital.

e. PIN 12 XTAL2, Merupakan output dari penguat osilator pembalik.

f. PIN 13 XTAL1, Merupakan input ke penguat osilator pembalik dan input ke internal clock.

g. PIN 14 - 21 PORT D, merupakan Port I/O 8-bit dua arah dengan resistor pull-up internal. Selain sebagai Port i/O 8 bit port D juga dapat difungsikan secara individu sebagai berikut :

1) PD7 : OC2 (Output Compare Timer/ Counter 2)

2) PD6 : ICP1 (Timer/ Counter 1 Input Capture)

3) PD5 : OC1A (Output Compare A Timer / Counter 1)

4) PD4 : OC1B (Output Compare B Timer / Counter 1)

5) PD3 : INT1 (External Interrupt 1 Input)

6) PD2 : INT0 (External interrupt 0 Input)

7) PD1 : TXD (USART transmit)

8) PD0 : RXD (USART receive)

h. PIN 22 - 29 PORT C, merupakan Port I/O 8 bit dua arah dengan resistor pull-up internal. Selain sebagai Port I/O 8 bit 4 bit Port C juga dapat difungsikan secara individu sebagai berikut :

1) PC7 : TOSC2 (Timer Oscilator 2)

- 2) PC6 : TOSC1 (Timer Oscilator 1)
 - 3) PC1 : SDA (Serial Data Input /Output, I2C)
 - 4) PC0 : SCL (Serial Clock, I2C)
 - i. PIN 30 AVCC, merupakan catu daya yang digunakan untuk masukan analog ADC yang terhubung ke Port A.
 - j. PIN 31 GND, Ground untuk catu daya analog.
 - k. PIN 32 AREF, merupakan tegangan referensi analog untuk ADC.
 - l. PIN 33 - 40 PORT A, merupakan Port I/O 8 bit dua arah dengan resistor pull-up internal. Selain sebagai Port I/O 8 bit Port A juga dapat berfungsi sebagai masukan 8 channel ADC.
4. Fitur Mikrokontroler ATmega16 :
- a. *AVR* - Kinerja tinggi dan rendah daya Arsitektur RISC :
 - 1) Bebas timah, RoHS-compliant paket
 - 2) 131 kuat instruksi - yang paling tunggal jam siklus eksekusi
 - 3) 32 x 8 tujuan umum bekerja register
 - 4) Sepenuhnya statis operasi
 - 5) Sampai dengan 16 MIPS pada 16 throughput yang MHz
 - 6) On-chip 2-siklus Pengali
 - b. *Non-volatile* Program dan Kenangan data :
 - 1) 16 KByte di-sistem self flash diprogram (10.000 Write / Erase Cycles)
 - 2) Boot Kode Opsional bagian dengan Bits Kunci independen
 - 1) Dalam Pemrograman Sistem secara *On-chip Program Boot*

- 2) Benar Baca-Tulis-Sementara Operasi
 - 3) 512 Bytes EEPROM (100.000 Write / Erase Cycles)
 - 4) 1 KByte SRAM internal yang
 - 5) Pemrograman Kunci untuk keamanan perangkat lunak
- c. *JTAG Interface (IEEE 1149,1 Compliant)* :
- 1) Batas-scan kemampuan sesuai dengan standar JTAG
 - 2) Ekstensif On-chip Debug dukungan
 - 3) Pemrograman Flash, EEPROM, Sekring, dan Bit Kunci melalui antarmuka JTAG
- d. Fitur *Peripheral* :
- 1) Dua 8-bit Timer / Counter dengan Prescalers terpisah dan Bandingkan Mode
 - 2) Satu 16-bit Timer / Counter dengan Prescaler terpisah, Bandingkan Mode dan Modus Tangkap
 - 3) Real-time Counter dengan osilator terpisah
 - 4) Empat saluran PWM
 - 5) 8-channel, 10-bit ADC
 - 6) Byte antarmuka berorientasi dua kabel Serial
 - 7) Programmable Serial USART
 - 8) Master / Slave SPI Serial Interface
 - 9) On-chip Analog Comparator
 - 10) Watchdog Timer dengan Programmable terpisah On-chip Oscillator

e. Fitur Khusus Mikrokontroler :

- 1) Power-on Reset dan Programmable Brown-out Deteksi
- 2) RC Oscillator internal dikalibrasi
- 3) Interrupt Eksternal dan Internal Sumber
- 4) 32 Programmable I / O garis
- 5) Operasi Voltage: 4.5-5.5V
- 6) Kisaran suhu industri (-40 ° C sampai 85 ° C)

f. Kecepatan Kelas :

- 1) 0-16 MHz@4.5-5.5V

5. Peta Memori AVR ATmega16

a. Memori Program

Arsitektur AVR mempunyai dua memori utama, yaitu memori data dan memori program. Selain itu, ATmega16 memiliki memori *EEPROM* untuk menyimpan data. ATmega16 memiliki 16 *Kbyte On-chip In-system Reprogrammable Flash memory* untuk menyimpan program. Karena semua instruksi AVR memiliki format 16 atau 32 *bit*, *Flash* diatur dalam *8K x 16 bit*. Untuk keamanan program, memori program, *flash* dibagi menjadi dua bagian, yaitu program *boot* dan aplikasi. *Bootloader* adalah program kecil yang bekerja saat *start up time* yang dapat memasukan seluruh program aplikasi ke dalam memori prosesor.

b. Memori Data (*SRAM*)

Memori data AVR ATmega16 terbagi menjadi 3 bagian, yaitu 32 buah register umum, 64 buah register *I/O* dan 1 *Kbyte SRAM internal*. *General Purpose register* menempati alamat data terbawah, yaitu \$00 sampai \$1F. Sedangkan memori *I/O* menempati 64 alamat berikutnya mulai dari \$20 hingga \$5F. Memori *I/O* merupakan register yang khusus digunakan untuk mengatur fungsi terhadap berbagai peripheral mikrokontroler seperti *control register*, *timer/ counter*, fungsi-fungsi *I/O*, dan sebagainya. 1024 alamat memori berikutnya mulai dari \$60 hingga 45F digunakan untuk memori *SRAM internal*.

c. Memori Data *EEPROM*

ATmega16 terdiri dari 512 *byte* memori data *EEPROM 8 bit*, data dapat ditulis/ baca dari memori ini, ketika catu daya dimatikan data terakhir yang ditulis pada memori *EEPROM* masih tersimpan pada memori ini, atau dengan kata lain memori *EEPROM* bersifat *nonvolatile*. Alamat *EEPROM* mulai \$000 sampai 1FF.

6. *Timer/ Counter*

Mikrokontroler AVR ATmega16 memiliki tiga buah *timer* diantaranya *timer 0 (8 bit)*, *timer 1 (16 bit)*, dan *timer 2 (8 bit)*.

a. *Timer/ Counter 8 Bit*

Timer/ counter 0 dan *timer/ counter 2* adalah *timer/ counter 8 bit* yang mempunyai multifungsi. Fitur-fiturnya yaitu:

- 1) *Counter* satu kanal
- 2) *Timer* dinolkan saat *match compare* (*autoreload*)
- 3) *Glitch-free, Phase Correct Pulse Width Modulator (PWM)*
- 4) Frekuensi generator
- 5) *10 bit clock prescaler*
- 6) *Interupsi timer* yang disebabkan *timer overflow* (TOVn) dan *compare match* (OCFn)

Timer/ counter 8 bit dapat menghitung maksimal hingga 255 (00-FF) hitungan, dimana periode setiap hitungan (*clock*-nya) tergantung dari setting *prescaler*-nya. Untuk mengatur jenis mode operasi dari *timer/ counter* dan mengatur *prescaler* digunakan register *timer/ counter control register* TCCRn (n= 0, 2). TCCRn adalah register 8 *bit* yang dapat dilihat pada tabel 4.

Tabel 1. Kombinasi register TCCRn.

7	6	5	4	3	2	1	0	
FOCn	WGMn0	COMn1	COMn0	WGMn1	CSn2	CSn1	CSn0	TCCRn

Keterangan untuk setiap bit:

Bit7 : FOCn (*Force Output Compare*)

Bit6 dan Bit3 : WGMn0 dan WGMn1 (*Waveform Generation*

Unit) Bit mengontrol kenaikan dari *counter*, sumber nilai maksimum dan mode operasi *timer/ counter*,

yaitu *mode normal*, *clear timer*, *compare match*,
dan dua tipe *PWM*.

Mode-mode operasi timer

1) *Mode normal*

Timer digunakan untuk menghitung saja, membuat delay, menghitung selang waktu.

2) *Mode PWM, phase correct*

Memberikan bentuk gelombang *phase correct PWM* resolusi tinggi. *Mode phase correct PWM* berdasarkan operasi *dualslope*. *Counter* menghitung berulang-ulang dari *BOTTOM* ke *MAX* dan dari *MAX* ke *BOTTOM*.

3) *CTC (Clear Timer on Compare Match)*

Pada *mode CTC*, nilai *timer* yang ada pada *TCNTn* akan dinol-kan lagi jika *TCNTn* sudah sama dengan nilai yang ada pada register *OCRn*, sebelumnya *OCRn* diset dulu, karena *timer 0 dan 2* maksimal 255, maka *range OCR 0-255*.

4) *Fast PWM*

Memberikan pulsa *PWM* frekuensi tinggi. *Fast PWM* berbeda dengan *mode PWM* lain, *Fast PWM* berdasarkan operasi *single slope*. *Counter* mengitung dari *BOTTOM* hingga *TOP* kemudian kembali lagi mulai menghitung berawal dari *BOTTOM*.

b. *Timer/ Counter 1 (16 Bit)*

Pada *mode normal*, TCNT1 akan menghitung naik dan membangkitkan *interrupt Timer/ Counter 1* ketika nilainya berubah dari 0xFFFF ke 0x0000. Untuk menggunakan *timer* yang menghitung mundur cukup dengan memasukkan nilai yang diinginkan ke TCNT1 dan menunggu sampai terjadi *interrupt*, tetapi untuk *timer* yang menghitung maju, maka nilai yang dimasukkan ke dalam TCNT1 nilainya harus 65536-(*timer value*).

c. *Prescaler*

Pada dasarnya *timer* hanya menghitung pulsa *clock*. Frekuensi pulsa *clock* yang dihitung tersebut bisa sama dengan frekuensi *crystal* yang digunakan atau dapat diperlambat menggunakan *prescaler* dengan faktor 8, 64, 256 atau 1024.

Berikut penjelasannya:

Sebuah *AVR* menggunakan *crystal* dengan frekuensi 8 MHz dan *timer* yang digunakan adalah *timer* 16 bit, maka maksimum waktu *timer* yang bisa dihasilkan adalah:

$$T_{MAX} = \frac{1}{F_{CLK}} \times (FFFFh + 1)$$

$$T_{MAX} = 0,125 \mu s \times 65536$$

$$T_{MAX} = 0,008192 s$$

Untuk menghasilkan waktu *timer* yang lebih lama dapat digunakan *prescaler*, misalnya 1024, maka maksimum waktu yang bisa dihasilkan adalah:

$$T_{MAX} = \frac{1}{F_{CLK}} \times (FFFFh + 1) \times N$$

$$T_{MAX} = 0,125 \mu s \times 65536 \times 1024$$

$$T_{MAX} = 8,388608 s$$

d. Penghitungan Waktu *Timer*

$$TCNT = (1 + FFFFh) - \left(\frac{T_{timer} \times f_{CLK}}{N} \right)$$

Dimana:

TCNT : Nilai *timer* (Hex)

f_{CLK} : frekuensi *clock* (*crystal*) yang digunakan
(Hz)

T_{timer} : Waktu *timer* yang diinginkan (detik)

N : *Prescaler* (1, 8, 64, 256, 1024)

1+FFFFh : Nilai maksimum *timer* adalah FFFFh dan
overflow saat FFFFh ke 0000h

Contoh:

Diinginkan sebuah *timer* 16 *bit* bekerja selama 1 detik, dengan frekuensi *clock* sebesar 11,0592 MHz dan *prescaler* 1024 maka diperoleh nilai TCNT sebesar:

$$TCNT = (1 + FFFFh) - \left(\frac{1 \times 11059200}{1024} \right)$$

$$TCNT = 1000h - 10800h$$

$$TCNT = 1000h - 2A30h$$

$$TCNT = D5D0h$$

Dengan demikian, nilai TCNT1H=D5h dan TCNT1L=D0h.

e. Maksimum Waktu *Timer*

Timer 16 bit AVR ATmega16 dapat menghasilkan waktu tunda maksimum sebesar 6,068055555 detik pada frekuensi 11,0592 MHz. Dengan nilai maksimum FFFFh maka akan dihasilkan waktu *timer* selama:

$$FFFFh = \left(\frac{T_{timer} \times 11059200}{1024} \right)$$

$$65535 = (T_{timer} \times 10800)$$

$$T_{timer} = 6,06805555 s$$

7. *EEPROM (Electrically Erasable Programmable Read Only Memory)*

EEPROM (Electrically Erasable Programmable Read Only Memory) adalah salah satu dari tiga tipe memori pada AVR (dua lainnya adalah *SRAM* dan *flash*). Sifat *EEPROM*, tetap dapat menyimpan data saat tidak ada suplai dan juga dapat diubah saat program sedang berjalan. Oleh karena itu *EEPROM* sangat berguna jika sistem yang dibangun memerlukan penyimpanan data meskipun suplai dimatikan. Untuk menulis ke *EEPROM* tentu saja kita harus menyeting register yang bersangkutan.

8. Interupsi

Interupsi adalah kondisi dimana pada saat program utama dieksekusi/ dikerjakan oleh CPU kemudian tiba-tiba berhenti untuk sementara waktu karena ada rutin lain yang harus ditangani terlebih dahulu oleh CPU, dan

setelah selesai mengerjakan rutin tersebut CPU kembali mengerjakan instruksi pada program utama. ATmega16 memiliki 21 sumber interupsi.

Vector No.	Program Address ⁽²⁾	Source	Interrupt Definition
1	\$000 ⁽¹⁾	RESET	External Pin, Power-on Reset, Brown-out Reset, Watchdog Reset, and JTAG AVR Reset
2	\$002	INT0	External Interrupt Request 0
3	\$004	INT1	External Interrupt Request 1
4	\$006	TIMER2 COMP	Timer/Counter2 Compare Match
5	\$008	TIMER2 OVF	Timer/Counter2 Overflow
6	\$00A	TIMER1 CAPT	Timer/Counter1 Capture Event
7	\$00C	TIMER1 COMPA	Timer/Counter1 Compare Match A
8	\$00E	TIMER1 COMPB	Timer/Counter1 Compare Match B
9	\$010	TIMER1 OVF	Timer/Counter1 Overflow
10	\$012	TIMER0 OVF	Timer/Counter0 Overflow
11	\$014	SPI, STC	Serial Transfer Complete
12	\$016	USART, RXC	USART, Rx Complete
13	\$018	USART, UDRE	USART Data Register Empty
14	\$01A	USART, TXC	USART, Tx Complete
15	\$01C	ADC	ADC Conversion Complete
16	\$01E	EE_RDY	EEPROM Ready
17	\$020	ANA_COMP	Analog Comparator
18	\$022	TWI	Two-wire Serial Interface
19	\$024	INT2	External Interrupt Request 2
20	\$026	TIMER0 COMP	Timer/Counter0 Compare Match
21	\$028	SPM_RDY	Store Program Memory Ready

Tabel 2. Sumber interupsi pada AVR ATmega16.

Interupsi eksternal

Pada ATmega16 terdapat 3 pin untuk interupsi eksternal, yaitu INT0, INT1, dan INT2. Interupsi eksternal dapat dibangkitkan apabila terdapat perubahan logika 1 atau logika 0 pada pin INT0, INT1, dan INT2. pengaturan kondisi keadaan menyebabkan terjadinya interupsi eksternal diatur oleh register *MCUCR* (*MCU Control Register*).

Tabel 3. Konfigurasi register MCUCR.

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0	
	SM2	SE	SM1	SM0	ISC11	ISC10	ISC01	ISC00	MCUCR
Read/Write	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	
Initial Value	0	0	0	0	0	0	0	0	

- a. Bit *ISC01* dan *ISC00* menentukan kondisi yang dapat menyebabkan interupsi eksternal pada pin INT0. Konfigurasi bit *ISC01* dan *ISC00* dapat dilihat pada tabel dibawah.

Tabel 4. Konfigurasi bit *ISC01* dan *ISC00*.

<i>ISC01</i>	<i>ISC00</i>	Keterangan
0	0	Logika 0 pada INT0 menyebabkan interupsi
0	1	Perubahan logika pada pin INT0 meyebabkan interupsi
1	0	Perubahan logika dari 1 ke 0 pada pin INT0 menyebabkan interupsi
1	1	Perubahan logika dari 0 ke 1 pada pin INT0 menyebabkan interupsi

- b. Bit *ISC11* dan *ISC10* memetukan kondisi yang dapat menyebabkan interupsi eksternal pada pin INT1. Konfigurasi *ISC11* Dan *ISC10* dapat dilihat pada tabel dibawah.

Tabel 5. Konfigurasi bit *ISC11* dan *ISC10*.

<i>ISC11</i>	<i>ISC10</i>	Keterangan
0	0	Logika 0 pada INT1 menyebabkan interupsi

0	1	Perubahan logika pada pin INT1 meyebabkan interupsi
1	0	Perubahan logika dari 1 ke 0 pada pin INT1 menyebabkan interupsi
1	1	Perubahan logika dari 0 ke 1 pada pin INT1 menyebabkan interupsi

Pemilihan pengaktifan inetrupsi eksternal diatur oleh register *GICR* (*General Interrupt Control Register*), seperti dapat dilihat pada gambar dibawah ini.

Tabel 6. Konfigurasi register *GICR*.

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0	
	INT1	INT0	INT2	–	–	–	IVSEL	IVCE	GICR
Read/Write	R/W	R/W	R/W	R	R	R	R/W	R/W	
Initial Value	0	0	0	0	0	0	0	0	

Bit-bit INT0, INT1, INT2 pada register *GICR* digunakan untuk mengaktifkan masing-masing interupsi eksternal. Ketika *bit-bit* tersebut di set 1 (aktif) maka Interupsi eksternal akan aktif jika *bit I (Interrupt)* pada *SREG (Status Register)* di set 1 juga (*enable Interrupt*), instruksi untuk mengaktifkan *global interrupt* yaitu “*sei*”. Program interupsi dari masing-masing interupsi akan dimulai dari vektor interupsi pada masing-masing jenis interupsi eksternal.

9. Tunda

Tunda atau *delay* adalah suatu instruksi untuk menunda eksekusi suatu alur program selama waktu yang telah ditentukan. Dalam menggunakan fungsi tunda, dapat menggunakan pustaka tunda yang ditambahkan pada bagian *header*:

`#include<delay.h>`

Instruksi-instruksi di pustaka tunda:

a. `delay_us(unsigned int n)`

Menghasilkan tundaan selama n mikrosekond, n harus merupakan konstanta.

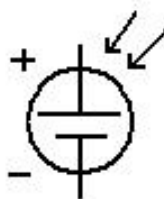
b. `delay_ms(unsigned int n)`

Menghasilkan tundaan selama n milisekon, n harus merupakan konstanta.

B. Sel Surya

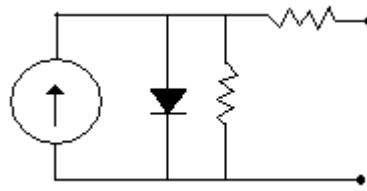
Sel surya atau sel *photovoltaic* adalah suatu alat semikonduktor yang mengkonversi foton (cahaya) kedalam listrik. Konversi ini disebut efek *photovoltaic*, dengan kata lain efek *photovoltaic* adalah energi potensial listrik yang terbangun antara dua material yang berbeda ketika hubungan bahan yang sejenis (*common junction*) diterangi radiasi foton.

Gambar 4 dan Gambar 5 merupakan simbol dan rangkaian ekuivalen sel surya.



Gambar 4. Simbol Sel Surya

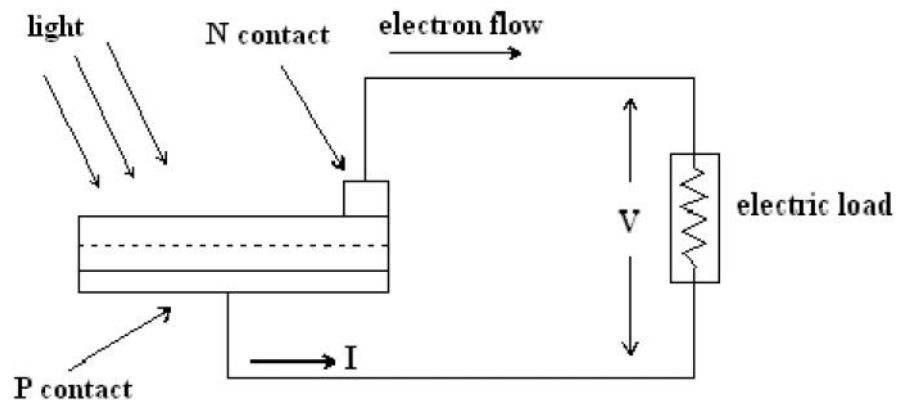
(Sumber : faiz19.wordpress.com)



Gambar 5. Rangkaian Ekuivalen Sel Surya

(Sumber : faiz19.wordpress.com)

Fisik dari sel surya sangat mirip dengan bentuk klasik dioda p-n (Gambar 6). Ketika cahaya diserap oleh *junction*, energi foton yang diserap di transfer ke sistem elektron dari materi dioda, menghasilkan penciptaan dari pembawa muatan mungkin saja sepasang elektron-ion dalam cairan elektrolit, atau sepasang elektron-hole didalam materi semikonduktor solid.

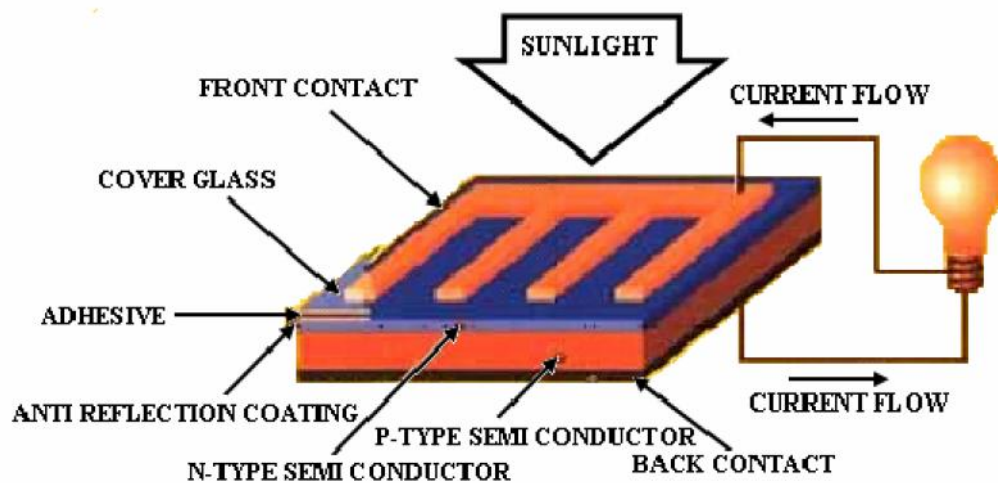


Gambar 6. Efek Photovoltaic Mengkonversi Foton Ke Voltase Melalui P-N Junction

(Sumber : wildanm.wordpress.com)

Asal dari tenaga potensial *photovoltaic* adalah perbedaan didalam kekuatan bahan kimia, disebut *fermi level*, dari elektron-elektron di dua material yang terisolasi. Ketika mereka bergabung, *Junction* mendekati sebuah kesetimbangan termodinamik yang baru. Kesetimbangan tersebut

didapat hanya ketika *fermi level* dalam kedua material sama. Hal ini muncul oleh aliran elektron dari satu material ke yang lain sampai sebuah perbedaan voltase terbentuk diantara dua material yang mana mempunyai potensial yang hanya sama dari awal perbedaan dari *vermi level* potensial ini mendorong *photocurrent*.



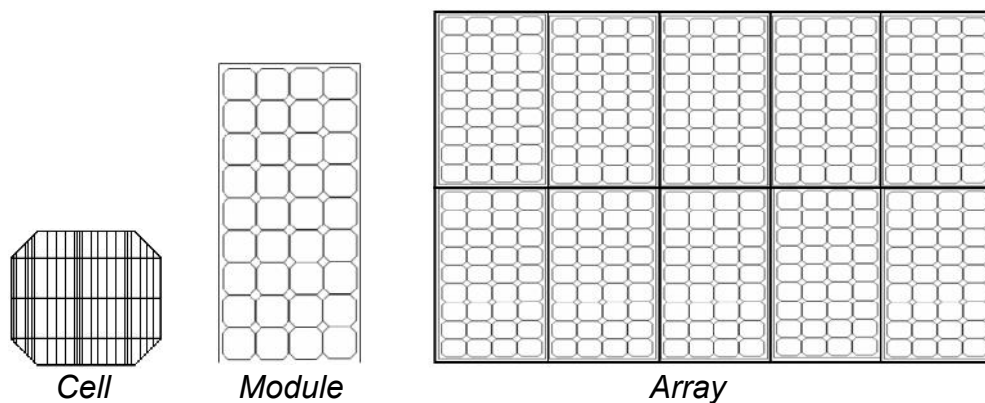
Gambar 7. Konstruksi Dasar Sel Surya

(Sumber : rhazio.wordpress.com)

Gambar 7 menampilkan konstruksi dasar sel surya. Untuk mengumpulkan *photocurrent*, penghubung-penghubung berbahan besi disediakan di kedua sisi dari *junction* untuk mengumpulkan arus listrik yang disebabkan oleh pergeseran foton dalam satu sisi. Foil penghantar (solder) disediakan di bawah (gelap) permukaan dan satu ditepi atas (diterangi) permukaan.

Lubang penghantar tipis di atas permukaan mengumpulkan arus dan membiarkan sinar cahaya melaluinya. Ruang dari serat penghantar di dalam lubang adalah permasalahan dari kompromisasi antara memaksimalkan

hantaran energi listrik dan meminimalisasi dari pemblokkan sinar cahaya. Di penambahan ke elemen-elemen dasar, beberapa fitur peningkatan juga ditambahkan. Caranya, permukaan sel mempunyai pelapis *anti-reflective* untuk menyerap sebanyak mungkin cahaya dengan meminimalisasi pemantulan cahaya. Perlindungan mekanik disediakan oleh *coverglass* yang dipasangkan dengan bahan yang transparan.



Gambar 8. Beberapa Sel Menjadi Modul Dan Beberapa Modul Menjadi Array

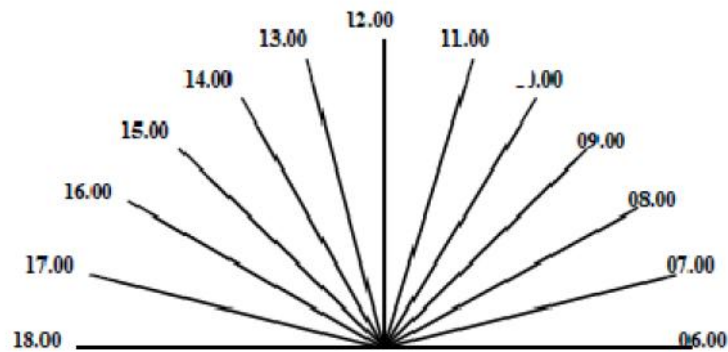
(Sumber : teknologisurya.wordpress.com)

C. Bumi terhadap matahari

Posisi matahari berubah setiap saat karena rotasi bumi. Bumi berotasi sebesar 360° dari timur menuju barat pada garis bujur dengan periode rotasi 23 jam 56 menit 4,09 detik (~ 24 jam). Dari data tersebut dapat diambil suatu tetapan dalam satuan waktu bahwa setiap 1° bujur ditempuh dalam waktu:

$$\frac{1^\circ}{360^\circ} \times (24 \times 60) = 4 \text{ menit}$$

Dari persamaan di atas maka dapat diketahui bahwa setiap bumi berotasi sebesar 15° bujur akan ditempuh dalam waktu 1 jam.



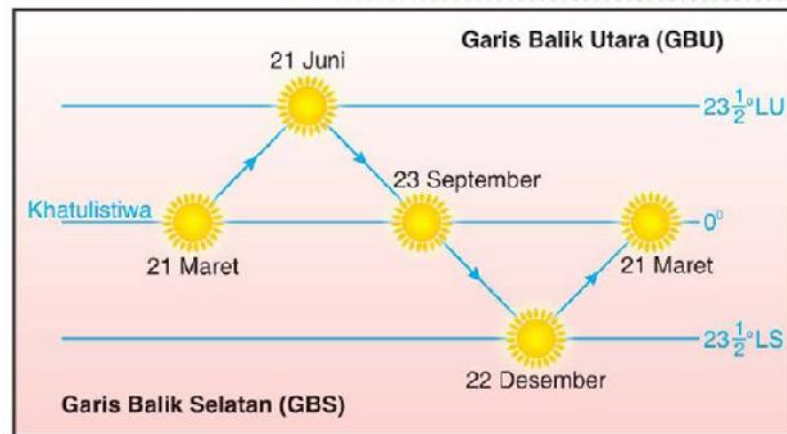
Gambar 9. Garis bujur pergerakan matahari setiap jam

(Sumber : eprints.undip.ac.id/41408/2)

Selain berputar terhadap sumbunya (rotasi), bumi juga bergerak mengelilingi matahari (revolusi) tetapi sumbu rotasi bumi ini tidak sejajar terhadap sumbu revolusi, melainkan sedikit miring sebesar 23,5 derajat. Miringnya sumbu rotasi bumi ini akibatnya matahari tidak selalu terlihat di atas khatulistiwa murni, matahari akan terlihat berada di bagian utara dan selatan bumi. Selama setengah tahun, matahari lebih banyak menerangi bumi bagian utara dan setengah tahun berikutnya matahari lebih banyak menerangi bumi bagian selatan.

Matahari akan tampak bergerak dari khatulistiwa (equator) antara 23,5 derajat lintang utara dan lintang selatan. Pada tanggal 21 maret – 21 juni matahari bergeser dari khatulistiwa menuju ke utara dan akan berbalik arah setelah mencapai 23,5 derajat lintang utara dan kembali bergerak menuju khatulistiwa. Tanggal 23 september matahari tepat diatas khatulistiwa kemudian bergerak menuju selatan sampai 23,5 derajat lintang selatan pada

tanggal 22 desember setelah itu matahari bergeser mendekati khatulistiwa. Siklus ini berlangsung terus menerus setiap tahun.



Gambar 10. Gerak semu matahari

(Sumber : Vanilathey2.wordpress.com)

D. Liquid Crystal Display

LCD (Liquid Crystal Displays) adalah salah satu komponen elektronika yang berfungsi sebagai tampilan suatu data, baik karakter, huruf ataupun grafik. LCD merupakan pengganti dari tampilan sevent segment dimana LCD mempunyai beberapa kelebihan misalnya bentuk tampilan lebih bagus, hemat energi dan dari segi bentuk lebih kecil.

Namun dari segi harga LCD saat ini lebih mahal dari pada sevent segment. Dipasaran tampilan LCD sudah tersedia dalam bentuk modul yaitu tampilan LCD beserta rangkaian pendukungnya termasuk ROM dll. Dengan modul maka, pengguna akan lebih praktis dalam menggunakan LCD. Sistem yang digunakan dalam komunikasi antara LCD dengan peripheral lain adalah dengan sistem transmisi data dalam format ASCII. Dipasaran tersedia modul

LCD dalam berbagai type yaitu : 16 x 1; 16×2 dll. Huruf 16 menunjukkan kapasitas maksimal karakter yang dapat ditampilkan sementara huruf 2 menunjukkan jumlah baris yang ada. Modul LCD mempunyai pin untuk data, kontrol catu dan pengatur kontras tampilan.



Gambar 11. LCD 16 X 2

(Sumber: www.alldatasheet.com)

Fungsi atau konfigurasi pin LCD 16x2 dapat dilihat pada tabel 7.

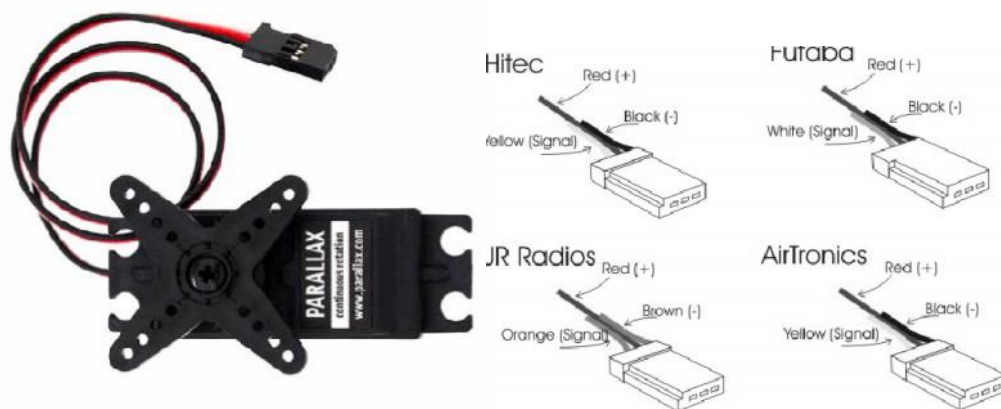
Tabel 7. Konfigurasi PIN LCD

No.	Pin	Fungsi
1	Vss	0 Volt
2	Vcc	5 Volt
3	Vee	LCD Contrast Voltage
4	Rs	H = Memasukkan data L = Memasukkan Ins
5	R/W	H = Baca L = Tulis
6	E	Enabel Signal
7	DB0	
8	DB1	

9	DB2	Data Bus
10	DB3	
11	DB4	
12	DB5	
13	DB6	
14	DB7	
15	V+BL	<i>Positive Backlight Voltage (4-4,2 V ; 50-200 mA)</i>
16	V-BL	<i>Negative Backlight Voltage (0 V ; GND)</i>

E. Motor Servo

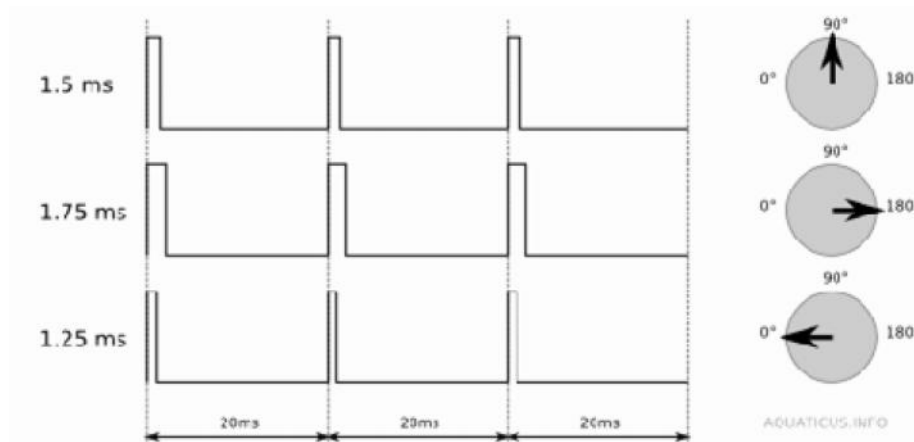
Motor servo adalah motor DC yang dilengkapi dengan sistem kontrol. Sistem kontrol ini akan memberikan umpan balik posisi perputaran motor dari 0 sampai 180 derajat. Disamping itu motor ini juga memiliki torsi relatif cukup kuat . Gambar 12 menunjukkan penampang dan pengkabelan dari motor servo. Sistem pengkabelan motor servo terdiri atas 3 bagian, yaitu Vcc, Gnd, dan Kontrol (PWM= *Pulse Width Modulation*). Pemberian PWM pada motor servo akan membuat servo bergerak pada posisi tertentu dan kemudian berhenti (kontrol posisi).



Gambar 12. Pengkabelan motor servo

(Sumber : archyarnur.blogspot.com)

Prinsip utama dari pengendalian motor servo adalah pemberian nilai PWM pada kontrolnya. Frekuensi PWM yang digunakan pada pengontrol motor servo selalu 50 Hz sehingga pulsa dihasilkan setiap 20 ms. Lebar pulsa akan menentukan posisi servo yang dikehendaki. Pemberian lebar pulsa 1,5 ms akan membuat motor servo berputar ke posisi netral (90 derajat), lebar pulsa 1,75 ms akan membuat motor servo berputar mendekati posisi 180 derajat, dan dengan lebar pulsa 1,25 ms motor servo akan bergerak ke posisi 0 derajat. Gambar 13 berikut memperlihatkan hubungan antara lebar pulsa PWM dengan arah putaran motor servo.



Gambar 13. Hubungan antara lebar pulsa PWM dengan arah putaran motor servo. (Sumber : cr0ss-media.blogspot.com)

F. Catu Daya

Catu daya adalah suatu sistem *filter* penyearah (*rectifier-filter*) yang mengubah tegangan AC menjadi tegangan DC murni. Banyak rangkaian catu daya yang berlainan yang dapat digunakan untuk pekerjaan tersebut. Komponen dasar yang digunakan untuk rangkaian yang lebih sederhana adalah transformator, penyearah (dioda), resistor, kapasitor, dan regulator. Catu yang diatur secara lebih kompleks dapat ditambahkan transistor atau trioda sebagai pengindera tegangan dan pengaturan tegangan, ditambah dengan dioda zener atau VR untuk menyediakan tegangan acuan (*reference*).

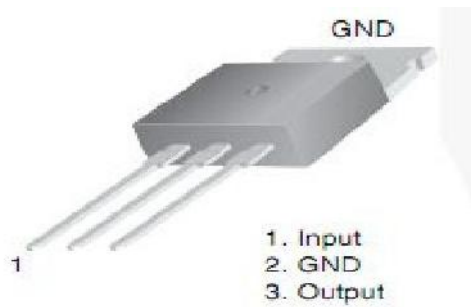
Catu daya suatu rangkaian elektronik yang berubah-ubah (baik berubah membesar atau naik maupun mengecil atau turun) dapat memberikan dampak yang sifatnya merusak fungsi kerja suatu rangkaian elektronik. Oleh sebab itu, jika rangkaian elektronik diharapkan dapat bekerja dengan baik dan tahan lama, salah satunya syaratnya adalah dengan menggunakan catu daya

yang stabil dan mampu menekan riak (kerut atau *ripple*) semaksimal mungkin. Catu daya yang stabil dan dapat diatur sering disebut *regulated power supply*. Catu daya ini menggunakan komponen aktif sehingga harganya cukup mahal dengan pesatnya kemajuan elektronika, khususnya semikonduktor, saat ini catu daya tidak lagi dirakit dengan komponen diskrit (yang terpisah-pisah), tetapi menggunakan sistem integrasi (bentuk IC). Catu daya diskrit semakin ditinggalkan karena catu daya dengan IC lebih menguntungkan, baik dari kepraktisan, kehandalan maupun biaya. Faktor-faktor kehandalan ini yaitu selain karena regulasinya lebih baik, regulator IC kebanyakan telah dilengkapi dengan pelindung thermal maupun hubung singkat. (Sunomo :1996)

Regulator tegangan IC secara garis besar dibagi menjadi dua, yaitu regulator tegangan tetap (3 kaki) dan regulator tegangan yang dapat diatur (3 kaki dan banyak kaki).

1. IC Regulator Tegangan Tetap

IC Regulator tegangan tetap yang sering dipakai adalah seri 78 untuk tegangan positif dan seri 79 untuk tegangan negatif. Besarnya tegangan keluar IC seri 78 dan 79 dinyatakan dalam dua digit terakhir dari serinya. Contoh IC 7812 adalah regulator tegangan positif dengan tegangan keluaran 12 volt. IC 7912 adalah regulator tegangan negatif dengan tegangan keluaran - 12 volt.



Gambar 14. IC Regulator Tegangan Tetap seri 78xx

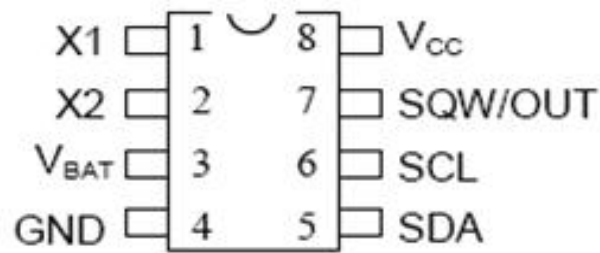
(Sumber : www.bjgp-rizal.com)

2. IC Regulator Yang Dapat Diatur

Beberapa IC Regulator yang dapat diatur tegangannya dan saat ini tersedia dipasaran diantaranya adalah LM 317 (3 kaki) untuk tegangan positif, LM 337 (banyak kaki) untuk tegangan negatif, dan LM 723 (banyak kaki) untuk tegangan positif.

G. RTC (*Real Time Clock*)

RTC (Real Time Clock) merupakan sebuah IC yang memiliki fungsi untuk menghitung waktu, mulai dari detik, menit, jam, tanggal, bulan, serta tahun. Akhir tanggal bulan secara otomatis disesuaikan dengan bulan dengan kurang dari 31 hari, termasuk koreksi untuk tahun kabisat. Jam beroperasi baik dalam 24 jam atau format 12-jam dengan indikator AM / PM. Banyak contoh chip RTC yang ada di pasaran seperti DS12C887, DS1307, DS1302, DS3234. Salah satu chip RTC yang mudah digunakan adalah DS1307.



Gambar 15. Pin IC DS1307

(Sumber : www.bristolwatch.com)

Fungsi dari tiap pin RTC DS1307 antara lain :

1. X1, X2

Terhubung dengan kaki kristal 32768 kHz

2. Vbat

Terhubung dengan battery 3,3 volt

3. GND, Vcc

Input tegangan Vcc adalah +5V.

4. SQW (*Square Wave Output*)

Pin SQW dapat mengeluarkan sinyal salah satu dari 13 *taps* yang disediakan oleh 15 tingkat pembagi *internal* dari RTC.

5. SCL

Pin SCL mengeluarkan sinyal clock. Pin ini harus diberi resistor Pull Up.










6. SDA

Pin SCL mengeluarkan sinyal data

H. Diagram Alir (*Flow Chart*)

Teknik merancang sebuah program dengan struktur yang baik, haruslah diawali dengan pembuatan diagram alir (*flowchart*). Diagram alir digunakan untuk menggambarkan terlebih dahulu mengenai apa yang harus dikerjakan atau urutan-urutan yang harus dilakukan agar alat dapat berfungsi sebagaimana mestinya. Simbol-simbol diagram alir ditunjukkan pada tabel 8.

Tabel 8. Simbol diagram alir

SIMBOL	NAMA	FUNGSI
	TERMINATOR	Permulaan/akhir program
	GARIS ALIR (FLOW LINE)	Arah aliran program
	PREPARATION	Proses inisialisasi/pemberian harga awal
	PROSES	Proses perhitungan/proses pengolahan data
	INPUT/OUTPUT DATA	Proses input/output data, parameter, informasi
	PREDEFINED PROCESS (SUB PROGRAM)	Permulaan sub program/proses menjalankan sub program
	DECISION	Perbandingan pernyataan, penyeleksian data yang memberikan pilihan untuk langkah selanjutnya
	ON PAGE CONNECTOR	Penghubung bagian-bagian <i>flowchart</i> yang berada pada satu halaman
	OFF PAGE CONNECTOR	Penghubung bagian-bagian <i>flowchart</i> yang berada pada halaman berbeda

BAB III

KONSEP PERANCANGAN ALAT

Perancangan alat penjejak matahari yang diaplikasikan pada panel surya menggunakan metode rancangan bangun. Secara urut metode tersebut adalah identifikasi kebutuhan yang diperlukan. Kebutuhan tersebut dianalisa untuk mendapatkan komponen secara spesifik. Selanjutnya dilakukan perancangan perangkat keras, perangkat lunak, pembuatan, dan pengujian.

A. Identifikasi Kebutuhan

Dalam proyek akhir ini tinjauan lapangan yang dilakukan dengan melihat dan observasi pada pembangkit listrik tenaga surya di pantai baru Bantul, dapat diidentifikasi kebutuhan sebagai berikut :

1. Panel surya masih dalam posisi tetap tanpa penggerak apapun.
2. Panel surya belum dilengkapi sistem penjejak matahari sehingga pengkonversian energi matahari menjadi energi listrik tidak optimal.

B. Analisis Kebutuhan

Dari identifikasi di atas, diperoleh beberapa analisis kebutuhan terhadap perencanaan alat yang akan dibuat sebagai berikut :

1. Catu daya DC 5 Volt sebagai penyedia tegangan.
2. Rangkaian sistem minimum menggunakan ATmega 16 untuk mengendalikan seluruh kerja sistem penjejak matahari.

3. RTC ds1307 memiliki fungsi sebagai penyimpan waktu dan tanggal.
4. LCD sebagi penampil/*display*.
5. Motor servo sebagai aktuator.

C. Diagram Rancangan

Diagram rancangan dari alat penjejak matahari sebagai berikut :



Gambar 19. Diagram rancangan alat penjejak matahari pada panel surya.

Pada konsep rancangan tugas akhir ini penulis akan memberikan gambaran cara kerja diagram tersebut yaitu :

Masukan nilai jam, menit, detik, dan tanggal telah tersimpan di RTC yang sebelumnya telah diprogram sesuai waktu pemrograman. Mikrokontroler kemudian mengambil data waktu dari RTC dan memproses data tersebut. Data tersebut diproses dan dihitung untuk menyesuaikan waktu pada sudut putar motor servo. Setelah diproses, mikrokontroler mengeluarkan sinyal PWM dan disalurkan ke motor servo. Motor servo akan berputar pada sudut yang telah ditentukan mikrokontroler.

D. Perancangan Perangkat

Pembuatan alat penjejak matahari pada panel surya ini harus dengan perencanaan dan perancangan yang baik untuk menghindari kesalahan-kesalahan yang mengakibatkan pemborosan bahan kerangka maupun komponen elektroniknya.

Berikut rancangan-rancangan pembuatan robot dalam proyek akhir ini :

1. Rancangan mekanik

Rancangan yang harus dipersiapkan pertama kali adalah rancangan mekanik. Rancangan mekanik sangat penting karena menentukan mekanisme gerakan alat penjejak matahari. Sistem mekanik alat ini membutuhkan tiang sebagai penopang panel surya yang kemudian digerakkan aktuator sesuai sudut hasil pengolahan data pada mikrokontroler. Tiang penopang panel surya menggunakan batang alumunium. Alumunium dipilih karena merupakan logam yang kuat, relatif ringan dibanding besi, dan anti karat.

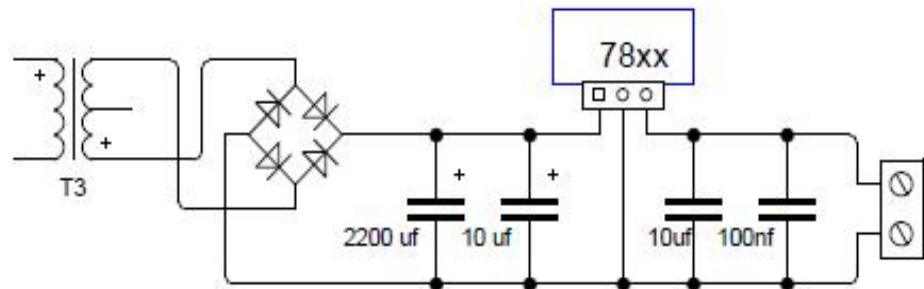
2. Rancangan elektronik

Perancangan elektronik dimulai dari identifikasi komponen yang diperlukan sampai dengan penempatan elektronik pada robot. Elektronik alat penjejak matahari terdiri dari beberapa bagian yaitu catu daya, rangkaian sistem minimum ATmega 16 dan rangkaian RTC ds1307.

Berikut diskripsi dari rancangan masing-masing bagiannya :

a. Rangkaian catu daya

Catu Daya atau yang sering di sebut *power supply* merupakan rangkaian yang menyediakan sumber daya untuk setiap komponen pada suatu rangkaian. Setiap komponen-komponen elektronik membutuhkan catu daya yang stabil. Rangkaian catu daya yang akan dibuat mengacu pada rangkaian catu daya yang teregulasi bersumber dari buku “ Elektronka II “ karangan Sunomo.



Gambar 20. Skematik catu daya

Rangkaian di atas harus dimodifikasi sehingga sesuai dengan kebutuhan. Besarnya tegangan yang dibutuhkan untuk mencatu sistem minimum mikrokontroler dan motor servo adalah 5 volt DC. Catu daya ini akan digunakan untuk mencatu rangkaian sistem minimum ATmega 16, rangkaian RTC ds1307, LCD dan rangkaian motor servo.

Rangkaian catu daya (*power supply*) ini tersusun dari beberapa komponen antara lain :

1. *Transformer Step Down*

Transformer step down merupakan komponen untuk menurunkan tegangan AC 220 volt menjadi 12 volt.

2. Dioda jembatan (*Dioda Bridge*)

Dioda Bridge merupakan komponen yang berfungsi untuk menyearahkan gelombang AC menjadi gelombang DC yang masih berdenyut.

3. Kapasitor

Kapasitor yang berjenis *elektrolit condensator* 2200/16 volt yang berfungsi sebagai perata tegangan yang telah disearahkan oleh dioda bridge. Sedangkan *elektrolit condensator* 10uf berfungsi sebagai penyetbil tegangan keluaran apabila terjadi perubahan beban secara tiba-tiba.

4. IC LM7806

Untuk membatasi tegangan keluaran agar output maksimalnya tidak melebihi 6 volt yang digunakan untuk mencatu motor servo.

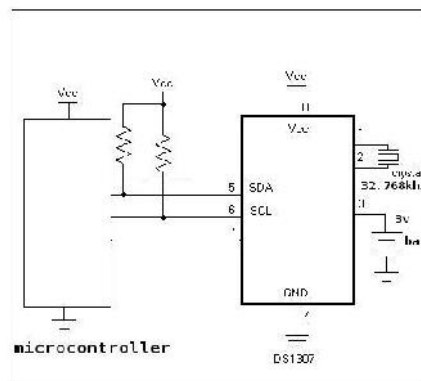
5. IC LM7805

Untuk membatasi tegangan keluaran agar output maksimalnya tidak melebihi 5 volt yang digunakan untuk mencatu sitem minimum AT mega 16, RTC ds1307 dan LCD.

b. Rangkaian Sistem Minimum

c. Rangkaian RTC (*Real Time Clock*) ds1307

Real Time Clock merupakan suatu chip (IC) yang memiliki fungsi sebagai penyimpan waktu dan tanggal. DS1307 merupakan *Real-time clock* (RTC) yang dapat menyimpan data-data detik, menit, jam, tanggal, bulan, hari dalam seminggu, dan tahun valid hingga 2100. 56-byte, *battery-backed*, RAM nonvolatile (NV) RAM untuk penyimpanan. DS1307 merupakan *Real-time clock* (RTC) dengan jalur data paralel yang memiliki Antarmuka *serial Two-wire* (I2C), sinyal luaran gelombang-kotak terprogram (Programmable squarewave), deteksi otomatis kegagalan-daya (power-fail) dan rangkaian switch, konsumsi daya kurang dari 500nA menggunakan mode baterai cadangan dengan operasional osilator. Tersedia fitur industri dengan ketahanan suhu: -40°C hingga $+85^{\circ}\text{C}$. Tersedia dalam kemasan 8-pin DIP atau SOIC. Rangkaian RTC dan sistem minimum ATmega 16 dijadikan dalam satu board untuk pertimbangan komunikasi dan ukuran PCB agar tidak membutuhkan banyak tempat.



Gambar 22. Rangkaian RTC ds1307

E. Langkah Pembuatan Alat

Langkah pembuatan alat pada proyek akhir ini terdiri dari pembuatan mekanik tiang penopang panel surya, pembuatan PCB, dan Pembuatan *box* Menggunakan akrilik.

1. Pembuatan mekanik tiang penopang panel surya

Pembuatan tiang penopang menggunakan batang alumunium berukuran 1 x 1 cm panjang 25 cm. Batang alumunium tersebut dipotong sesuai ukuran dan dilubangi bagian kedua ujung sebagai pengait antara penopang dengan aktuator.

2. Pembuatan dan Perakitan Komponen

a. Pembuatan PCB

Pembuatan *PCB* dilakukan dengan menggunakan *software PCB* ARES Proteus. Adapun proses pembuatan *PCB* adalah sebagai berikut:

- a. Membuat *layout PCB* menggunakan *software PCB* ARES Proteus. *Layout* yang sudah jadi kemudian dicetak.
- b. *Layout* hasil cetakan kemudian di-*photo copy* menggunakan kertas *glossy*.
- c. Sablon *layout* kertas *glossy* pada *PCB* polos menggunakan setrika listrik.
- d. *PCB* yang sudah disablon kemudian dilarutkan menggunakan larutan *ferite clorida* ($FeCl$) agar lapisan tembaga yang tidak terpakai hilang.

- e. Pemeriksaan jalur *PCB*.
- f. Lubangi *PCB* sesuai dengan pola yang tersablon menggunakan bor.
- g. Bersihkan *PCB* dari tinta sablon, kemudian lapisi jalur *layout* pada *PCB* dengan pelapis *PCB*.

b. Perakitan Komponen

Pada tahap ini, komponen dipasang pada lubang *PCB*. Semua komponen harus dipastikan bahwa tempat ataupun posisi pemasangannya benar. Setelah selesai, maka komponen dapat disolder. Cara penyolderan harus benar, agar semua komponen terpasang dengan kuat.

3. Pembuatan *box*

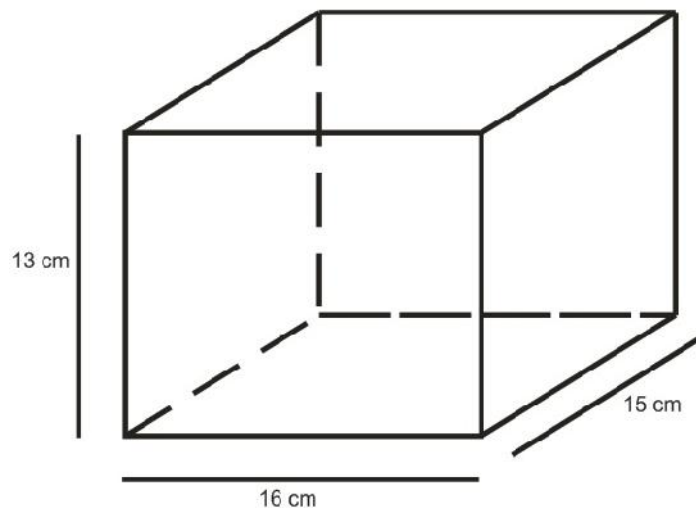
Proses pembuatan *box* dilakukan dengan cara mendesain terlebih dahulu menggunakan perangkat lunak *coreldraw*. Dimensi yang dibuat dengan ukuran :

Panjang : 16 cm

Lebar : 15 cm

Tinggi : 13 cm

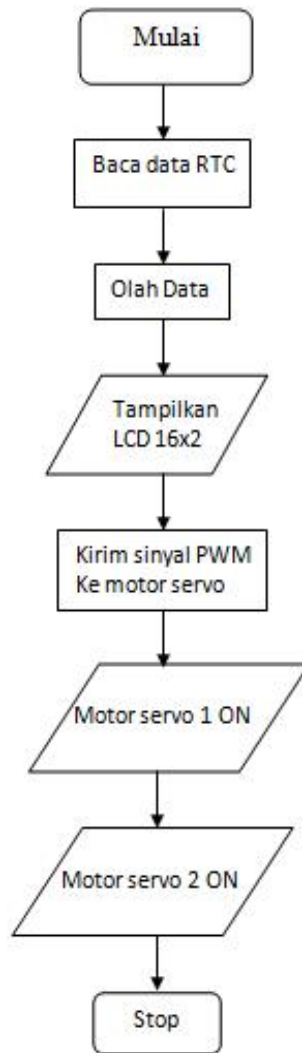
Setelah selesai mendesain, maka membeli akrilik dan dipotong sesuai ukuran yang telah ditentukan.



Gambar 23. Desain box

F. Rancangan Perangkat Lunak (*Software*)

Pada alat “Sistem Kendali Penjejak Matahari Berbasis RTC (*Real Time Clock*) dengan 2 DOF (*Degree of Freedom*) pada Panel Surya“ diprogram menggunakan bahasa pemrograman C. Pemrograman dilakukan menggunakan *software Code Vision AVR*. Beberapa variabel yang merupakan data seting disimpan ke dalam EEPROM. Dengan demikian saat sistem tidak mendapatkan catu daya dan hendak digunakan kembali, pengguna (*user*) tidak perlu melakukan seting kembali. Program yang ditulis pada dengan bahasa C akan di-*compile*, kemudian file yang berekstensi *.hex akan di-*download* ke dalam mikrokontroller. Program alat dapat digambarkan dalam diagram alir pada gambar 24.



Gambar 24. Diagram alir

G. Rencana Pengujian

Rencana pengujian merupakan suatu kegiatan yang bertujuan untuk mengetahui kinerja dan keberhasilan alat, baik secara keseluruhan maupun per bagian. Kegiatan pengujian akan menghasilkan data yang dapat digunakan untuk membuat suatu kesimpulan dan saran terhadap alat yang dibuat tersebut.

1. Langkah-langkah Pengambilan Data

- a. Mengecek semua rangkaian dan memastikan tidak ada kerusakan.
- b. Menghubungkan rangkaian secara keseluruhan dengan sumber tegangan AC 220 Volt.
- c. Menjalankan alat sesuai dengan prosedur pengoperasian alat.
- d. Melakukan pengukuran tegangan dengan *Multimeter*.
- e. Melakukan pengukuran sudut dengan busur derajat.
- f. Melakukan pengujian alat sesuai dengan tabel pengujian alat.

2. Alat Yang Digunakan

- a. *Multimeter*
- b. Busur derajat
- c. Jam
- d. Alat tulis

3. Prosedur Pengoperasian Alat

- a. Menyiapkan alat dan perlengkapan yang dibutuhkan dalam pengambilan data
- b. Cek alat dan memastikan tidak ada kerusakan.
- c. Posisikan alat pada arah yang benar.
- d. Hubungkan rangkaian dengan sumber tegangan.
- e. Posisikan saklar pada posisi On
- f. Lihat apakah alat bekerja sebagaimana mestinya.
- g. Cek data yang ditampilkan LCD.

- h. ukur tegangan masukan, tegangan panel surya, sudut putar motor servo.
- i. Posisikan saklar pada posisi OFF untuk memutus sumber tegangan.
- k. Lepas konektor sumber tegangan.

4. Rencana Tabel Pengujian

Tabel pengujian merupakan suatu tempat pencatatan hasil pengamatan data terhadap suatu pengamatan yang telah dilakukan. Pada proyek akhir ini dilakukan beberapa pengambilan data untuk mengetahui unjuk kerja dari alat ini. Pengambilan data meliputi pencatatan data yang ditampilkan di LCD dan gerakan tiang panel surya baik gerakan secara *azimuth* dan sumbu *altitude* serta tegangan yang dikeluarkan panel surya. Tabel-tabel pengujian alat ditunjukkan pada tabel 9, tabel 10, tabel 11, tabel 12 dan tabel 13.

Tabel 9. Rencana pengujian catu daya 5 Volt.

Tegangan yang diharapkan (Volt)	Tegangan keluaran IC 7805 (Volt)
5 Volt	

BAB IV

PENGUJIAN DAN PEMBAHASAN

A. Pengujian Alat

1. Tujuan Pengujian

Pengujian terhadap suatu alat dilakukan untuk mengetahui unjuk kerja suatu rangkaian dan unjuk kerja alat tersebut secara keseluruhan. Hasil pengamatan dan pengambilan data tersebut diharapkan mampu diperoleh data yang valid.

2. Tempat Pengujian

Tempat pengujian Proyek Akhir yang berjudul “Sistem Kendali Penjejak Matahari Berbasis RTC (*Real Time Clock*) dengan 2 DOF pada Panel Surya ” ini dilakukan di halaman rumah pada koordinat (-7.550149043386944, 110.19675493240356). Pengujian alat dilakukan pada tanggal 7 juni 2015 dengan kondisi cuaca cerah.

3. Hasil Pengujian

Berikut hasil pengujian yang telah dilakukan :

a. Pengujian data tegangan catu daya

Pada rangkaian catu daya terdiri dari transformator step down sebagai penurun tegangan, dioda bridge sebagai penyearah gelombang penuh, kapasitor sebagai filter dan IC regulator sebagai penyetabil tegangan.

Rangkaian catu daya yang dibuat tersebut menghasilkan tegangan +5 Volt. Untuk mendapatkan tegangan stabil sesuai dengan yang diinginkan, maka digunakan IC regulator tegangan. IC LM 7805 digunakan untuk menghasilkan tegangan +5 VDC.

Tabel 14. Hasil pengujian catu daya 5 Volt.

Tegangan yang diharapkan (Volt)	Tegangan keluaran IC 7805 (Volt)
5	4,9

Berdasarkan hasil pengujian catu daya, besarnya tegangan keluaran IC LM 7805 adalah 4,9 volt.

Penyimpangan tegangan keluaran sebesar :

$$Error = \frac{(5-4,9)}{5} \times 100\% = 2 \%$$

b. Pengujian ketepatan arah panel surya

Pengujian ketepatan arah panel surya bertujuan untuk mengetahui unjuk kerja dari motor servo dan keakuratan panel surya terhadap koordinat matahari. Adapun hasil pengujian arah panel surya seperti pada Tabel 15 dan Tabel 16.

Tabel 15. Hasil pengujian ketepatan arah panel surya (pergerakan timur-barat)

No.	Waktu pengujian (WIB)	Kemiringan Matahari (derajat)	Kemiringan Penjejak matahari (derajat)	Selisih (derajat)
1	5.35	0	0	0
2	6.10	10	10	0
3	7.24	20	20	0
4	7.44	30	29	1
5	8.04	40	38	2
6	8.44	50	48	2
7	9.24	60	59	1
8	10.04	70	68	2
9	10.50	80	80	0
10	11.35	90	90	0
11	12.05	100	100	0
12	12.44	110	109	1
13	13.24	120	118	2
14	14.05	130	127	3
15	14.44	140	138	2
16	15.24	150	148	2
17	16.05	160	157	3
18	16.44	170	170	0
19	17.45	180	180	0
Jumlah				21

Dari hasil pengujian diatas maka rata-rata kesalahan sudut panel surya dapat diperoleh dengan rumus :

$$\begin{aligned}\text{Kesalahan rata-rata} &= \frac{\sum \text{kesalahan}}{19} \\ &= \frac{21}{19} \\ &= 1,105 \text{ derajat}\end{aligned}$$

Tabel 16. Hasil pengujian ketepatan arah panel surya (pergerakan utara-selatan)

No.	Waktu pengujian (WIB)	Kemiringan Matahari (derajat)	Kemiringan Penjejak matahari (derajat)	Selisih (derajat)
1	7 Juni 2015	62	59	3
2	16 Agustus 2015	76	74	2
Jumlah				5

$$\begin{aligned}\text{kesalahan rata-rata} &= \frac{\sum \text{kesalahan}}{2} \\ &= \frac{5}{2} \\ &= 2,5 \text{ derajat}\end{aligned}$$

c. Pengujian beban (lampu, motor, pemanas dan pendingin)

Pengujian beban bertujuan untuk mengetahui unjuk kerja dari motor DC, lampu LED dan peltier sebagai beban listrik. Hasil pengujian beban ditunjukkan pada tabel 17.

Tabel 17. Hasil pengujian beban listrik

No	Pengujian	Keberhasilan	
		Berhasil	Tidak berhasil
1.	Lampu LED	√ (menyala)	
2.	Motor DC	√ (berputar)	
3.	Peltier	√ (Panas dan dingin)	

d. Pengujian tegangan keluaran panel surya

pengujian tegangan keluaran panel surya bertujuan untuk mengetahui tegangan keluaran dari panel surya per jam dari terbit matahari hingga terbenam matahari. Pengujian ini menggunakan dua buah panel surya dengan spesifikasi sama. Satu panel surya digerakkan oleh sistem penjejak matahari dan panel surya yang lain dalam keadaan diam. Hasil pengujian tegangan keluaran panel surya dapat ditunjukkan pada tabel 18.

Tabel 18. Hasil tegangan keluaran panel surya

Waktu pengujian (WIB)	Tegangan panel surya dengan penjejak matahari (Volt)	Tegangan Panel surya diam (Volt)
06.00	2,2	1,9
07.00	2,6	2,2
08.00	3,4	3,0
09.00	5,3	4,8
10.00	6,1	5,4
11.00	6,6	6,4
12.00	6,7	6,5
13.00	6,5	6,2
14.00	6,0	5,7
15.00	5,7	5,2
16.00	4,9	4,6
17.00	3,2	2,9
18.00	2,1	2,0

B. Pembahasan

1. Pembahasan pergerakan motor servo

Rangkaian mikrokontroler yang digunakan adalah Atmega16 yang merupakan pusat pengolahan data dan pusat pengendali. Dalam rangkaian mikrokontroler ini terdapat empat buah port (A, B, C, dan D) yang dapat digunakan untuk menampung input atau output data. Port A digunakan

sebagai ADC, Port D.0 dan D.1 digunakan untuk mengontrol motor servo.

Motor servo jenis ini hanya mampu bergerak dua arah (*CW* dan *CCW*) dengan defleksi masing-masing sudut mencapai 90° , sehingga total defleksi sudut dari kanan–tengah–kiri adalah 180° . Operasional motor servo dikendalikan oleh sebuah pulsa selebar ± 20 ms, dengan lebar pulsa antara 0,8 ms dan 2,2 ms menyatakan akhir dari range sudut maksimum. Apabila motor servo diberikan pulsa sebesar 1,5 ms maka mencapai gerakan 90° . Bila diberikan pulsa kurang dari 1,5 ms maka posisi mendekati 0° dan bila diberikan pulsa lebih dari 1,5 ms maka posisi mendekati 180° .

Motor Servo akan bekerja secara baik jika pada bagian pin kontrolnya diberikan sinyal PWM dengan frekuensi 50 Hz. Pada saat sinyal dengan frekuensi 50 Hz tersebut dicapai pada kondisi *Ton duty cycle* 1,5 ms, maka rotor dari motor akan berhenti tepat di tengah-tengah (sudut 0° /netral).

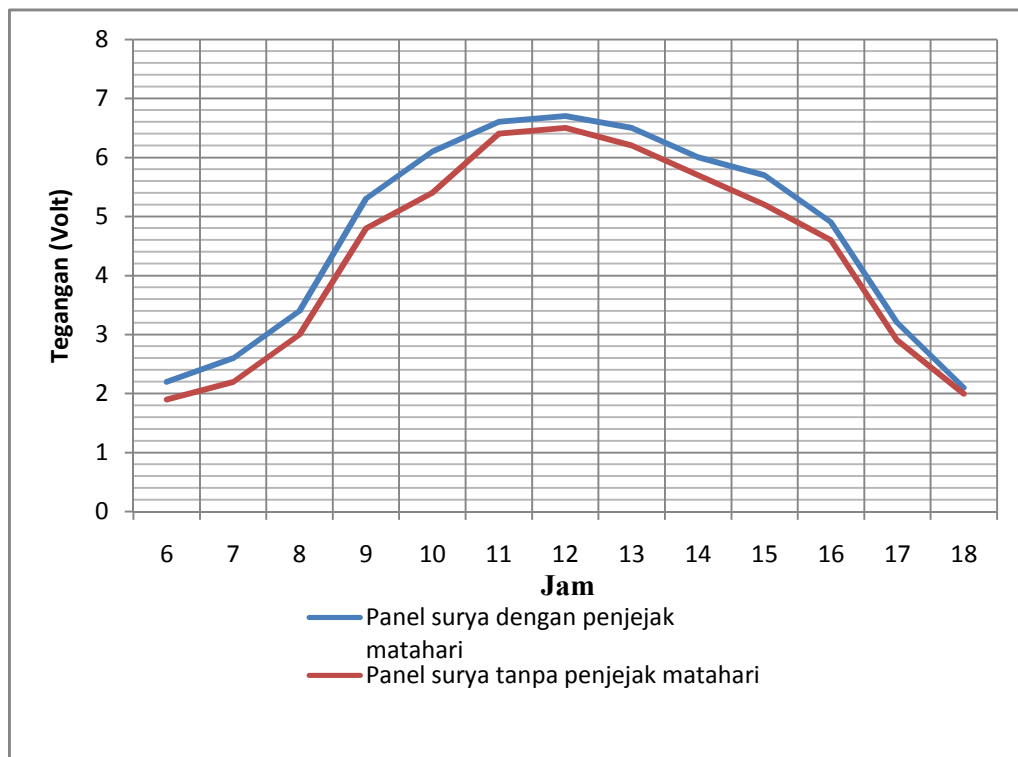
Pada saat *Ton duty cycle* dari sinyal yang diberikan kurang dari 1,5 ms, maka rotor akan berputar ke arah kiri dengan membentuk sudut yang besarnya linier terhadap besarnya *Ton duty cycle*, dan akan bertahan di posisi tersebut. Sebaliknya, jika *Ton duty cycle* dari sinyal yang diberikan lebih dari 1,5 ms, maka rotor akan berputar ke arah kanan dengan

membentuk sudut yang linier pula terhadap besarnya *Ton duty cycle*, dan bertahan di posisi tersebut.

Untuk membuat motor servo berputar ke arah kanan, pulsa high yang diberikan adalah $1500 + (\text{derajat} \times 10)$. Sebaliknya jika ingin membuat servo berputar ke arah kiri maka pulsa high yang diberikan adalah $1500 - (\text{derajat} \times 10)$. Data pulsa diambil dari *Real time clock* kemudian dihitung oleh mikrokontroler sehingga motor servo berputar sesuai satuan waktu.

2. Pembahasan tegangan keluaran panel surya

Dari hasil pengukuran tegangan keluaran antara panel surya dengan penjejak matahari dan tanpa penjejak matahari dapat ditunjukkan pada diagram garis dibawah ini.



Dari hasil perbandingan menunjukkan besar daya listrik terukur yang dihasilkan panel surya dengan penjejak matahari lebih besar. Dengan mengusahakan panel surya bergerak untuk mendapatkan pancaran cahaya matahari lebih terarah, maka besarnya intensitas cahaya yang diterima dapat mempengaruhi tegangan keluaran panel surya tersebut.

Dari kedua data tersebut dapat dihitung tegangan rata-rata keluarannya :

a. Tegangan keluaran panel surya tanpa penjejak matahari

$$V_{\text{output}} = \frac{56,79}{13} = 4,369 \text{ volt}$$

Persentase tegangan keluaran yang diperoleh adalah :

$$= \frac{V_{\text{output rata-rata}}}{V_{\text{output max}}} \times 100\%$$

$$= \frac{4,369}{65} \times 100\% = 67,21 \%$$

b. Tegangan keluaran panel surya dengan penjejak matahari

$$V_{\text{output}} = \frac{69,095}{13} = 5,315 \text{ volt}$$

Persentase tegangan keluaran yang diperoleh adalah :

$$= \frac{V_{\text{output rata-rata}}}{V_{\text{output max}}} \times 100\%$$

$$= \frac{5,315}{6,7} \times 100\% = 79,32 \%$$

c. Persentase peningkatan tegangan keluaran

persentase tegangan keluaran dengan penjejak matahari -

persentase tegangan keluaran dengan penjejak matahari

$$= 79,32 - 69,32$$

$$= 12,11 \%$$

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Setelah melakukan pengujian dan pembahasan pada proyek akhir yang berjudul Sistem Kendali Penjejak Matahari Berbasis RTC (*Real Time Clock*) dengan 2 DOF (*Degree of Freedom*) pada Panel Surya, maka dapat diambil beberapa kesimpulan yaitu :

1. Rancangan alat penjejak matahari Penjejak Matahari Berbasis RTC (*Real Time Clock*) dengan 2 DOF (*Degree of Freedom*) pada Panel Surya terdiri dari :
 - a. Rangkaian catu daya
 - b. Rangkaian sistem minimum ATmega 16
 - c. Rangkaian RTC (*Real Time Clock*)
 - d. Motor servo sebagai aktuator
2. Unjuk kerja alat penjejak matahari berbasis RTC (*Real Time Clock*) dengan 2 DOF (*Degree of Freedom*) sesuai dengan perancangan.
3. Rata-rata kesalahan putaran motor servo pergerakan *altitude* 1,105 derajat dan pergerakan *azimuth* 2,5 derajat.
4. Dapat diketahui bahwa panel surya dengan penjejak matahari dapat menghasilkan tegangan keluaran lebih besar dibanding tanpa menggunakan penjejak matahari. Peningkatan tegangan keluaran mencapai 12,11 %

B. Keterbatasan Alat

Proyek Akhir yang Berjudul Sistem Kendali Penjejak Matahari Berbasis RTC (*Real Time Clock*) dengan 2 DOF (*Degree of Freedom*) pada Panel Surya memiliki beberapa keterbatasan alat yaitu :

1. Tiang penyangga panel surya selalu bergetar sehingga mengurangi keakuratan dalam menjejak matahari.
2. Alat ini belum dilengkapi tombol pengatur jam, sehingga apabila baterai pada RTC habis perlu memprogram ulang agar jam sesuai waktu sebenarnya.
3. Dudukan antara tiang penyangga panel surya dengan motor servo tidak bergerigi sehingga mudah goyah dan jika digunakan terus menerus akan aus.

C. Saran

1. Perlunya menggunakan motor servo menggunakan *metal gear* lebih kuat sehingga tidak mudah aus yang menimbulkan tiang penyangga panel surya bergetar.
2. Perlunya ditambahkan tombol pengatur jam, sehingga apabila baterai pada RTC habis atau program pada mikrokontroler *error* maka tidak perlu memprogram ulang.
3. Perlunya dudukan antara tiang penyangga panel surya dengan motor servo dibuat bergerigi sehingga tidak mudah goyah dan aus.

Dokumentasi alat





